Gläser/Heck

Transistoren neu angewandt

TOPP

Teil 5 der TOPP Transistor-Schaltungen

Helmut Gläser / Hans Dieter Heck

Transistoren – neu angewandt

Verlag Frech Stuttgart-Botnang

Inhalt

	Seite
Die Transistor-Grundschaltungen	7
NF-Verstärker	10
Lautstärke- und Klangregelung	30
Oszillatoren	34
Kleinsender mit Transistoren	40
NF-Oszillatoren	42
LC-Generatoren für Niederfrequenz	45
Tonfrequenz-Schaltstufe	49
Tonselektiver Empfängernachsatz	52
Transistor-Zündung	54
Stabilisiertes Netzgerät	58
Register der Reihe „Transistor-Schaltungen“	61

© 1966
Verlag und Druckerei Frech oHG
Stuttgart-Botnang
Druck: Frech Stuttgart-Botnang

Vorwort

Die Transistortechnik hat nicht nur die gesamte Elektronik revolutioniert, sondern auch der Amateur-Elektronik — früher Radio-Basteln genannt — neuen Auftrieb gegeben. Transistorschaltungen brauchen nur wenig Strom und geringe Spannungen und lassen sich aus schwachen Batterien betreiben, sie sind klein und meist auf gedruckten Schaltungen aufgebaut, welche gleich die Verbindungen zwischen den Anschlüssen der einzelnen Teile herstellen. Der mühselige Chassisbau, das Werkeln mit Aluminiumblechen und Metallbohrern entfällt; der Amateur kann Schaltungen und Geräte aufbauen, die früher mit Röhren einen großen Aufwand verursacht hätten. Und er kann diese Schaltungen praktisch nutzen und sie ganz seinen speziellen Bedürfnissen anpassen.

In diesem Buch werden deshalb nicht nur einzelne Schaltungen, sondern auch ihre praktischen Anwendungen beschrieben. Damit man nicht sklavisch und „blind" nachbaut, zeigt es kurz die Grundschaltungen der Transistoren, so daß klar wird, wie die Schaltungen funktionieren, und wie sie im Bedarfsfall abgeändert werden können.

Der für die Amateur-Elektronik mit Transistoren notwendige Aufwand ist denkbar gering, viel geringer als früher beim Radio-Basteln mit Röhren. Ich habe vor zwei Jahrzehnten meine ersten Radiogeräte auf Zigarrenkistenbretter genagelt und mit einem auf dem Gasherd erhitzten Kupferstück verlötet. Es ging, aber edel war das nicht. Ich hätte mir viel Ärger und Arbeit erspart, wenn ich gleich einen elektrischen Lötkolben gehabt hätte. Aber sowas konnte man damals noch nicht kaufen. Außer ihm ist für die Transistor-Amateurelektronik nichts unbedingt notwendig. Selbst ein Meßinstrument kann man durch Routine und Kenntnisse notfalls ersetzen, obgleich es der Routine weiterhilft, wenn man kleine Ströme und Spannungen messen kann.

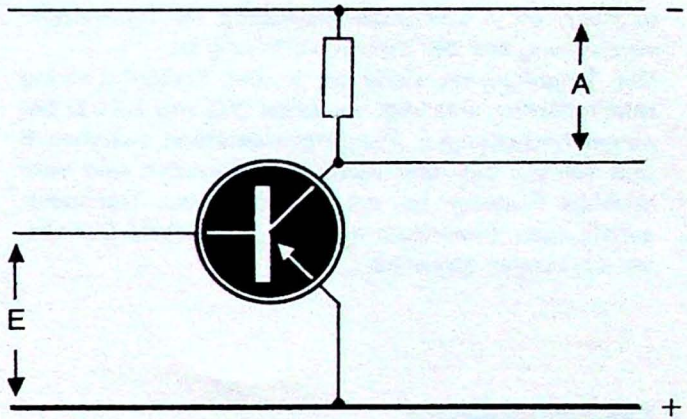
Vernünftigerweise baut man heute jede Transistorschaltung, auch die allererste, versuchsweise auf eine gedruckte Schaltungsplatte. Experimentier-Schaltungsplatten werden auch in den Entwicklungslabors der Industrie benutzt: Pertinax-Platten, auf welche mit geringem Abstand voneinander dünne Kupferstreifen oder Kupferpunkte aufgebracht sind. Beim Aufbau einer Experimentierschaltung werden die Anschlußdrähte der kleinen Einzelteile an diesen Streifen oder Punkten festgelötet. Dann werden die Streifen an Stellen, an denen keine elektrische Verbindung bestehen soll, mit einem Messer unterbrochen, bei Platten mit Kupferpunkten werden die einzelnen Punkte durch kurze Drahtstücke entsprechend dem Verlauf des Schaltschemas miteinander verbunden. Auf solchen Platten lassen sich deshalb die Schaltungen so aufbauen, daß der Leitungsverlauf auch geometrisch dem Schaltbild gleicht. Man kann leicht Änderungen vornehmen. Für

viele gängige Schaltungen bietet die Industrie vorgefertigte Schaltungsplatten mit Durchbohrungen an, in welche die Anschlußdrähte der Einzelteile gesteckt und dann auf der Leitungsseite verlötet werden. Solche Schaltungsplatten erlauben engstmöglichen Aufbau; mit ihnen entstehen Geräte, die sich kaum von industriell gefertigten unterscheiden. Ich würde aber immer eine noch unbekannte Schaltung zunächst auf einer Experimentierplatte aufbauen und erst, wenn sie funktioniert, die abgelöteten Teile auf der gekauften Schaltungsplatte montieren. Es ist ärgerlich, wenn man an dem sorgfältig und endgültig aufgebauten Gerät später noch einmal herumlöten muß.

Schaltungsplatten kann man selbst herstellen. Es ist kinderleicht: der Verlauf der Leitungsbahnen zwischen den Anschlußdrähten jedes Einzelteils wird auf die Kupferseite einer kupferkaschierten Pertinaxplatte mit einem Pinsel und sogenanntem Decklack aufgezeichnet. Dann wird die Platte in eine frische Lösung von Eisentrichloryd in Wasser gelegt und etwa 20 Minuten darin geschwemmt. Das Eisentrichloryd löst das Kupfer an den nicht vom Lack geschützten Stellen; die abgedeckten Leitungsbahnen bleiben stehen. Die Platte wird dann mit Seife gewaschen und anschließend der Abdecklack in Spiritus aufgelöst. An den Montagestellen der Einzelteile muß dann die Platte noch jeweils mit einem 1-mm-Bohrer durchbohrt werden. Die Herstellung einer Leitungsplatte dauert nur etwa 30 Minuten.

Die Transistor-Grundschaltungen

Der Transistor ist, wie auch die Radioröhre, ein Verstärker: man kann mit ihm durch kleine Ströme und Spannungen beträchtlich größere Ströme und Spannungen steuern. Ein winziger Stromstoß auf dem Eingang der Transistorschaltung ruft einen sehr viel größeren Stromstoß gleicher Zeitdauer am Ausgang des Transistors hervor. Der Stromstoß am Ausgang des Transistors ist das genaue, aber stark vergrößerte Ebenbild des Stromstoßes am Eingang.
Jeder Transistor hat drei Anschlüsse: Kollektor, Emitter und Basis. Zwischen dem Kollektor- und Emitteranschluß kann nur Strom fließen, wenn zwischen Basisanschluß und Emitter gleichfalls ein allerdings sehr viel kleinerer Strom fließt. Der kleine Strom zwischen Basis und Emitter bei sehr geringer Spannung ruft einen starken Strom zwischen Kollektor und Emitter hervor. Es gibt drei verschiedene Grundschaltungen für die Anwendung von Transistoren: die Emitterschaltung, die Basisschaltung und die Kollektorschaltung, je nachdem, welcher der drei Anschlüsse Bezugspunkt für den Eingang und den Ausgang ist.



Schaltung 1

Die Emitterschaltung

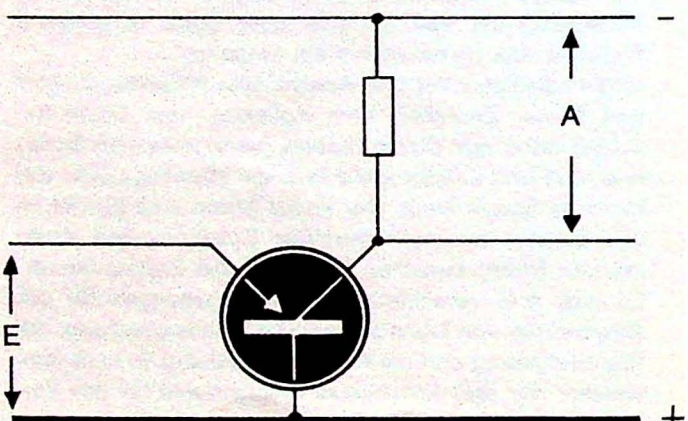
ist die am meisten verwendete Grundschaltung. Bezugspunkt ist der Emitter des Transistors; er liegt an der Masse der Schaltung. In Emitterschaltung bringt der Transistor sowohl Strom- wie Spannungsverstärkung. Die Leistungsverstärkung ist das Produkt aus Stromverstärkung und Spannungsverstärkung; je nach Schaltung kann man mit Stromverstärkungen zwischen 20 und 300 und Spannungsverstärkungen bis zum Hundertfachen rechnen. Dementsprechend sind Leistungsverstärkungen bis zum Zehntausendfachen er-

reichbar, da ja Leistungsverstärkung die Spannungsverstärkung mal der Stromverstärkung ist.
Der Eingangswiderstand ist in der Emitterschaltung relativ niedrig und liegt zwischen 500 und 2000 Ω bei einem hochohmigen Ausgangswiderstand zwischen 5 und 100 kΩ. Ein- und Ausgangswiderstand sind sehr wichtige Faktoren bei der Auslegung von Transistorschaltungen, besonders wenn es auf höchste Gesamtverstärkungen ankommt.

Die Basisschaltung

Bei dieser Grundschaltung liegt der Basisanschluß des Transistors an Masse. Auf diese Weise ist keine Stromverstärkung erreichbar, sie ist stets kleiner als 1, doch tritt Spannungsverstärkung zwischen dem Zehn- bis etwa Hundertfachen auf.
Die Schwingfreudigkeit von Transistoren ist im allgemeinen in Basisschaltung bedeutend größer als in Emitterschaltung. Deshalb wird die Basisschaltung oft für HF-Oszillatoren und HF-Verstärker angewendet. Jedoch gibt es heute zahlreiche Transistortypen, die auch in Emitterschaltung weit über das UKW-Gebiet hinaus hohe Verstärkungen liefern. Der Eingangswiderstand ist gering und kann unter 10 Ω betragen.

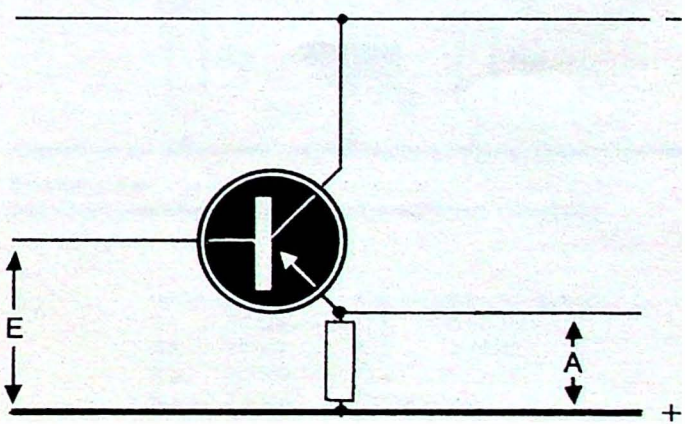
Schaltung 2



Die Kollektorschaltung

hat im Gegensatz zur Emitterschaltung einen hohen Eingangswiderstand zwischen 50 und 100 kΩ und einen sehr niedrigen Ausgangswiderstand, etwa zwischen 50 und 500 Ω. Bei Kollektorschaltung tritt keine Spannungs-, sondern nur 200- bis 300fache Stromverstärkung auf. Die Kollektorschaltung wird oft als Impedanzwandler, als elektronischer Transformator, verwendet, wenn z. B. ein Verbraucher mit niedrigem Eingangswiderstand, etwa ein niederohmiger Kopfhörer, betrieben werden soll.

Schaltung 3



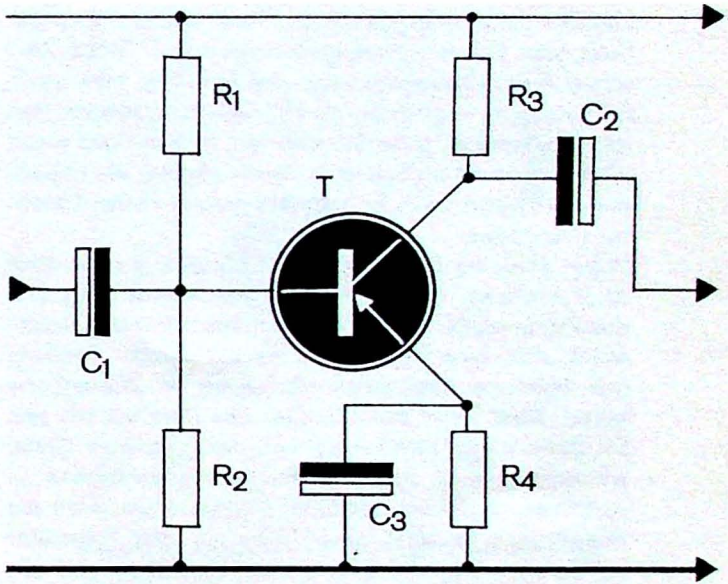
NF-Verstärker

Zur Verstärkung von NF, also elektrischen Schwingungen im Bereich der Hörbarkeit unter 20 000 Hz, wurden nach 1950 erstmals Transistoren benutzt. Die NF-Verstärkung ist das einfachste Anwendungsgebiet des Transistors.

Die Verwendungsmöglichkeit von NF-Verstärkern ist fast unbegrenzt. Die von Mikrofonen und den Tonabnehmersystemen von Plattenspielern abgegebenen elektrischen Schwingungen sind so schwach, daß sie kräftig verstärkt werden müssen, um in Kopfhörern und in Lautsprechern hörbar zu werden. Auch jeder Radioempfänger besitzt einen NF-Verstärker, um die vom HF-Empfangsteil abgegebenen Schwingungen auf die von Lautsprechern benötigte Stärke zu bringen. NF-Verstärker braucht man deshalb grundsätzlich für alle Arten von Empfängern, für Mikrofone, Plattenspieler, Gegensprechanlagen, Meldeanlagen usw. Transistoren bieten eine gute Möglichkeit, auf kleinstem Raum und mit geringstem Aufwand auch hochwertige Verstärker für geringen Stromverbrauch aufzubauen.

Schaltung 4 a zeigt die heute fast klassische Schaltung des NF-Transistor-Verstärkers in der Emitterschaltung. Die Schaltung ist weitgehend temperaturstabil. Da bei einem pnp-Transistor die Basis immer leicht negativ gegenüber dem Emitter sein muß, damit überhaupt in dem Transistor Strom fließen kann, besitzt sie einen Spannungsteiler R 1—R 2 von Minus nach Plus der Spannungsquelle, welcher für die notwendige Vorspan-

nung an der Basis sorgt: Basisspannungsteiler dieser Art werden wir in den allermeisten Transistorschaltungen wiederfinden. Die zu verstärkende NF-Spannung, die Steuerspannung, wird über C 1 eingekoppelt und der sich durch den Spannungsteiler ergebenden Basisgleichspannung überlagert.
R 3 ist der Arbeitswiderstand. An ihm fallen bei den sich durch die Steuerspannung ergebenden Stromstößen durch den Transistor entsprechende Ausgangsspannungen ab, die über C 2 ausgekoppelt werden.
Der Emitterwiderstand R 4 dient zur Stabilisierung der ganzen Schaltung. Er ist nicht unbedingt notwendig, er reduziert sogar die Gesamtverstärkung. Ohne ihn wäre aber die Schaltung sehr kritisch; die Basisvorspannung über den Spannungsteiler müßte haargenau eingeregelt werden, um eine verzerrungsfreie Verstärkung zu erreichen, und sie wäre nur für einen ganz engen Temperaturbereich optimal. Auf den Emitterwiderstand kann nicht verzichtet werden, wenn keine andere Maßnahmen zur Stabilisierung ergriffen werden.



Schaltung 4 a:
Transistorverstärker für Kleinsignalverstärkung (Vorstufe)

Stabilisierung

Man kann durch einen einfachen Versuch die Stabilisierung durch den Emitterwiderstand demonstrieren. Die Schaltung wird nach der Schaltzeichnung provisorisch aufgebaut, aber ohne Emitterwiderstand — die

Widerstände		Elektrolytkondensatoren	
R 1	50 kΩ	C 1	10 µF/15 V
R 2	10 kΩ	C 2	10 µF/15 V
R 3	3,3 kΩ	C 3	25 µF/15 V
R 4	1,5 kΩ	Transistoren	
		T	AC 122 gr. oder OC 71

Emitterleitung wird direkt an Plus gelegt. Man benutzt statt R 2 ein Kleinpotentiometer von 15 kΩ. Zwischen Ausgangskondensator und Plus legt man einen hochohmigen Kopfhörer, als NF-Signalquelle kann man ein dynamisches Mikrofon nehmen, besser noch einen Plattenspieler-Tonabnehmer. Recht günstig als Experimentier-Signalquelle ist auch ein ganz einfacher Detektor-Empfänger.

Wenn man die Betriebsspannung von 6 V oder auch 4,5 V aus einer Taschenlampenbatterie anschließt, und das Pot anstelle von R 2 langsam und vorsichtig durchdreht, wird man bei einer ganz bestimmten Stellung des Pots die beträchtlich verstärkte NF-Wiedergabe hören. Aber wenn der Schleifer des Pots nur um den Bruchteil eines Millimeters von der optimalen Stelle wegbewegt wird, beginnt die Wiedergabe bereits zu verzerren. Auch bei optimaler Poteinstellung wird die Wiedergabe verzerrt, wenn man nur den Transistor kräftig erwärmt. Die Einstellung ist kritisch und unstabil.

Wenn man jetzt aber in die Emitterleitung den Widerstand R 4 und parallel dazu den Kondensator C 3 einfügt, kann man das Pot über einen sehr weiten Einstellbereich bewegen, ohne daß sich die Wiedergabe merklich verschlechtert. Mit einem Emitterwiderstand ist der elektrische Wert des Basisspannungsteilers nicht kritisch. Wenn R 2 z. B. nur 9 kΩ oder auch 11 kΩ hätte, würde sich kein Unterschied mehr ergeben. Beide Widerstände können um rund 10% um ihren Sollwert schwanken. Außerdem ist der genaue Wert des Emitterwiderstandes R 4 sowie des Arbeitswiderstands R 3 recht unkritisch. Mit etwas geänderten Werten ändert sich zwar auch die Verstärkung, es ist aber äußerst unwahrscheinlich, daß sich dies überhaupt bemerkbar macht; man kann es nur durch genaue Messungen feststellen. Auch Erwärmung oder Abkühlung des Transistors wirkt sich nicht mehr bemerkbar auf die Funktion aus.

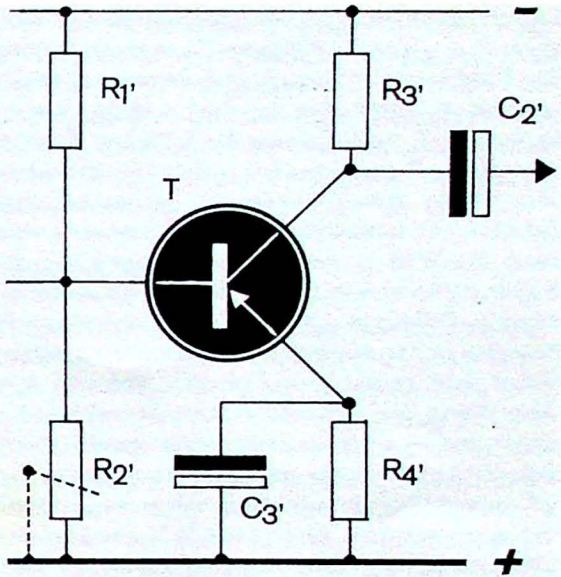
Der Widerstand R 4 hat eine Stromgegenkopplung zur Folge: wenn der Ruhestrom durch den Transistor aus irgend einem Grund — z. B. durch Erwärmung — zunehmen will, so ergibt sich über R 4 ein größerer Spannungsabfall; die Spannung am Emitter (oberhalb von R 4) wird positiver.

Nun ist aber der Strom durch den Transistor abhängig von der negativen Spannung am Basisanschluß gegenüber dem Emitteranschluß. Die Basisspannung wird durch den Spannungsteiler festgehalten; sie ist praktisch unveränderlich. Wenn die Emitterspannung positiv wird, bedeutet dies deshalb, daß die Spannungsdifferenz zwischen Emitter und Basis geringer geworden ist — mit anderen Worten, daß die effektive Basisvorspannung abgenommen hat —, und dies reduziert wieder den Strom durch den Transistor. Der erhöhte Stromfluß bremst sich selbst. Die Sache funktioniert in gewissem Sinn wie die Auflaufbremse an

einem Kfz-Anhänger, die in Tätigkeit tritt, wenn der Anhänger auf seine eigene Deichsel drückt.
Der Überbrückungskondensator C 3 sorgt dafür, daß die NF-Schwingungen den Emitterwiderstand R 4 nicht passieren müssen. Wenn dieser Kondensator einen kleinen elektrischen Wert hat, etwa nur einige tausend pF, so läßt er in erster Linie die hohen Frequenzen durch, die dann mehr verstärkt werden als die tiefen. Es ergibt sich eine Höhenanhebung. 25 µF sind ein Standardwert, der eine gleichmäßige Verstärkung aller Frequenzen garantiert.
Die Werte der einzelnen Widerstände, besonders des Spannungsteilers, sind u. a. auch von der Betriebsspannung abhängig. Die eingezeichneten Werte in dieser Standardschaltung, die mit sehr vielen verschiedenen Transistortypen ausgeführt werden kann, gilt für eine Betriebsspannung von etwa 6 V. Die genaue Betriebsspannung ist jedoch nicht kritisch.

Koppeln mehrerer Stufen

Eine einzige Stufe nach Schaltung 4 a reicht absolut aus, um die Wiedergabe z. B. eines Mikrofons auf Kopfhörerlautstärke zu bringen oder um überhaupt allerschwächste Signale im Kopfhörer hörbar zu machen. Werden größere Verstärkungen verlangt, so müssen mehrere Stufen hintereinander gekoppelt werden. Dabei multiplizieren sich die Verstärkungen der einzelnen Stufen.



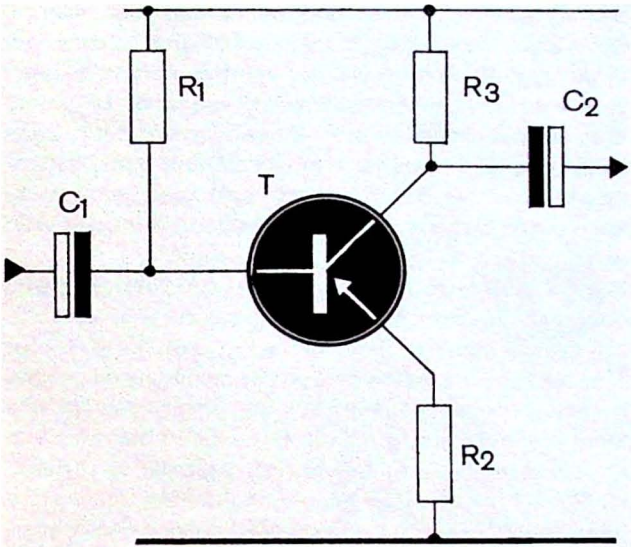
Schaltung 4 b:
Transistorstufe für Kleinsignalverstärkung

Widerstände		Elektrolytkondensatoren	
R 1'	20 kΩ	C 1'	1 µF/15 V
R 2'	5 kΩ	C 2'	10 µF/15 V
R 3'	1,5 kΩ	Transistoren	
R 4'	470 Ω	T	OC 74 o. ä.

So erreicht man z. B. mit 2 Stufen von je 100facher Verstärkung eine 10 000fache Gesamtverstärkung.
Die Darstellung zeigt auch, wie an die erste Stufe, die sogenannte Eingangsstufe, eine weitere Stufe angekoppelt wird: die Schaltung 4b. Während Schaltung 4a nur winzige Signale zu verarbeiten hat, also eine Kleinverstärkung liefert, werden in der angeschlossenen Schaltung 4b beträchtlich höhere Signalwerte verstärkt, denn sie wird ja mit der in der ersten Stufe nach Schaltung 4a bereits verstärkten Signalspannung angesteuert. Deswegen muß auch der Arbeitspunkt des Transistors, für den hier ein Typ mittlerer Leistung verwandt wird, anders gelegt werden, was man durch andere Werte des Basisspannungsteilers R 1′ R 2′ sowie durch den niedrigeren Emitterwiderstand R 4′ erreicht. Am Ausgang der zweiten Stufe 4b kann bei nicht zu schwacher Signalquelle auch schon ein Lautsprecher betrieben werden, wenn statt R 3′ ein Lautsprechertrafo mit Lautsprecher verwandt wird. Zum Einstellen des Arbeitspunktes kann statt R 2′ auch ein Miniaturpot mit 10 kΩ verwendet werden, das dann erlaubt, auch sehr verschiedenartige Transistortypen mittlerer Leistung einzusetzen.

Vorstufe mit hohem Eingangswiderstand

Für manche Signalspannungsquellen, z. B. Kristall-Tonabnehmer und Kristall-Mikrofone, sind zur besseren Anpassung hochohmige Verstärkereingänge notwendig. Jeder Transistor-Verstärker kann hochohmig gemacht werden, wenn man vor den Eingangskondensator (C 1 in Schaltung 1) einen hochohmigen Widerstand von 100—300 kΩ schaltet, der dann aber die Signalspannung reduziert, so daß u. U. eine weitere Verstärkerstufe notwendig wird.
Eine Vorstufe mit besonders hohem Eingangswiderstand zeigt Schaltung 5. Sie kann bei einer hochohmigen NF-Spannungsquelle statt 4a vor die Schaltung 4b gesetzt werden. Der Eingangswiderstand von Schaltung 5 ist hochohmig, weil in dieser Schaltung der Emitterwiderstand nicht überbrückt ist und sich dadurch eine sehr starke Seriengegenkopplung ergibt. Die wirkt sich so aus, als würde die Basisvorspannung genau im Gegensatz zur angelegten Signalspannung schwanken. Das vermindert zwar den Verstärkungsgrad, doch wirkt die Gegenkopplung stark den in jeder Verstärkerstufe an sich unvermeidlichen Verzerrungen entgegen. Höchste Übertragungsqualitäten lassen sich nur durch Gegenkopplung erreichen (siehe Schaltung 6).
Um den Eingangswiderstand nicht zu verringern, muß auch der Spannungsteiler hochohmig gehalten werden.



Schaltung 5: Vorstufe mit hohem Eingangswiderstand

Widerstände		Elektrolytkondensatoren	
R 1	100 kΩ	C 1	1 µF/15 V
R 2	1 kΩ	C 2	10 µF/15 V
R 3	2,2 kΩ	Transistoren	
		T	AC 122 gr. oder AC 152

Er besteht hier nur aus einem einzigen hohen Widerstand R 1. Die Strom- und Seriengegenkopplung macht einen unteren Spannungsteilerzweig unnötig. Die Schaltung 5, die sich besonders als Eingangsverstärker hoher Qualität eignet, verhält sich ähnlich einer Kollektorschaltung, doch ist ihre Leistungsverstärkung höher als bei direkter Kollektorschaltung.

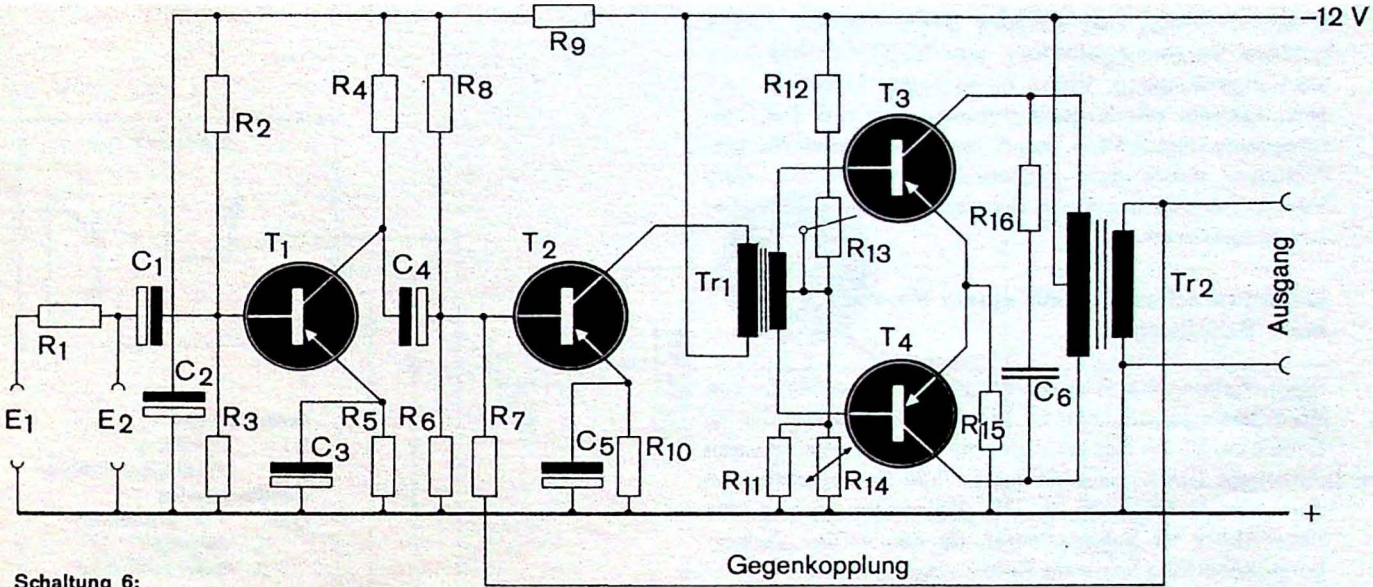
Die Gegentakt-Endstufe

Für Lautsprecher-Verstärker werden Eintakt-Endstufen wie in der vorhergehenden Schaltung praktisch kaum verwendet, weil der Transistor in dieser Schaltung einen relativ hohen Ruhestrom benötigt, also der Batterie immer Strom entnimmt, gleichgültig, ob er NF-Leistung abgibt oder nicht. Wesentlich höhere Ausgangsleistungen lassen sich mit der Gegentakt-Endstufe erzielen, welche nur einen sehr geringen Ruhestrombedarf hat. Die aufgenommene Leistung hängt bei solch einer Stufe direkt von der Sprechleistung ab und steigt, je höher die abgegebene Lautstärke ist. Insgesamt ist der Wirkungsgrad einer Gegentaktendstufe wesentlich höher als der einer Eintakt-Endstufe. In der Gegentakt-Endstufe verstärkt jeder Transistor immer nur eine Halbwelle der Schwingung, der eine die positive, der andere die negative. Beide Transistoren werden deshalb im sogenannten B-Betrieb bei sehr geringem Ruhestrom betrieben. Jeder Transistor wird von einer

ankommenden negativen Halbwelle aufgesteuert, bei der positiven Halbwelle ist er praktisch geschlossen. Die Ansteuerung der Gegentakt-Endstufe erfolgt über eine sogenannte Treiberstufe mit Gegentakt-Treibertrafo mit Mittelanzapfung. Die vom oberen und unteren Transistor verstärkten Halbwellen werden dann in dem Ausgangstrafo, dessen Primärwicklung ebenfalls eine Mittelanzapfung besitzt, wieder zu einem kompletten Wellenzug zusammengesetzt.
Einen kompletten Verstärker für 1,8 Watt Ausgangsleistung mit Vorstufen sehen Sie in Schaltung 6. Diese Schaltung ist konventionell, sie entspricht der üblichen Schaltung in kleineren Verstärkern von Kofferradios. Ein Verstärker dieser Art kann sehr gut für Gegensprechanlagen und für kleine Plattenspieler-Verstärker verwendet werden.

Gegenkopplung

Gleichzeitig ist Schaltung 6 ein gutes Beispiel für die Anwendung der Gegenkopplung. Kein Verstärker arbeitet völlig verzerrungsfrei. Verzerrung heißt, daß die Form der Welle im Verstärker deformiert wird. Die verstärkte Welle am Ausgang des Verstärkers ist dann nicht mehr das genaue vergrößerte Abbild der Welle am Eingang, mit welcher der Verstärker angesteuert wird. Durch diese Verformungen wird die Tonwiedergabe des Verstärkers mehr oder weniger verfälscht; den Grad der Verfälschung nennt man das Klirren. Besonders Verstärker, in denen Transformatoren wie in der Schaltung 6 verwendet werden, neigen zu Verzerrungen. Für manche Zwecke, wie z. B. bei einer Wechselsprechanlage, sind diese Verzerrungen ohne Bedeutung. In Verstärkern für Empfänger oder Plattenspieler usw. ist der Klirrgrad recht unangenehm. Er kann durch Gegenkopplung weitgehend reduziert werden.
Ein Teil der am Ausgang erscheinenden Frequenz wird über den Gegenkopplungszweig wieder auf den AC 123 zurückgeführt. Dies bewirkt, daß jetzt dieser Transistor selbst schon verzerrt angesteuert wird, aber gerade in gegenteiligem Sinn der Verzerrung im weiteren Verlauf der Schaltung. Die sich in der Endstufe ergebenden Verzerrungen zerren jetzt die in verkehrter Richtung verzerrten gegengekoppelten Schwingungen wieder gerade, so daß die Verzerrung, das Klirren, durch die Gegenkopplung weitgehend aufgehoben wird.
Gegenkopplung ist immer mit Verstärkungsverlust verbunden.
Der Anschluß der Gegenkopplungsleitung muß sich in einem Absinken der Lautstärke bemerkbar machen. Ist das nicht der Fall, so muß man die Sekundäranschlüsse des Lautsprechertrafos umpolen. Der Gegenkopplungsgrad kann durch den Widerstand 100 kΩ variiert werden. Wird dieser Widerstand verringert, etwa auf



Schaltung 6:
Transistor-Gegentaktverstärker mit Treiber- und Vorstufe

Widerstände

R 1	220 kΩ
R 2	68 kΩ
R 3	10 kΩ
R 4	10 kΩ
R 5	3 kΩ
R 6	2,2 kΩ
R 7	100 kΩ
R 8	12 kΩ
R 9	560 Ω
R 10	220 Ω
R 11	56 Ω
R 12	1 kΩ
R 13	500 Ω Einstellregler
R 14	50 Ω NTC (Valvo)
R 15	1 Ω Widerstandsdraht
R 16	100 Ω

Elektrolytkondensatoren

C 1	10 µF/15 V
C 2	50 µF/15 V
C 3	50 µF/15 V
C 4	25 µF/15 V
C 5	250 µF/15 V

ker. Kondensatoren

C 6	0,1 µF/30 V Waffel

Transistoren

T 1	AC 122 grün
T 2	AC 123
T 3, T 4	AC 124 Pärchen

Transformatoren

Tr 1	Hauffe T 713
Tr 2	Hauffe T 712
	handelsüblich

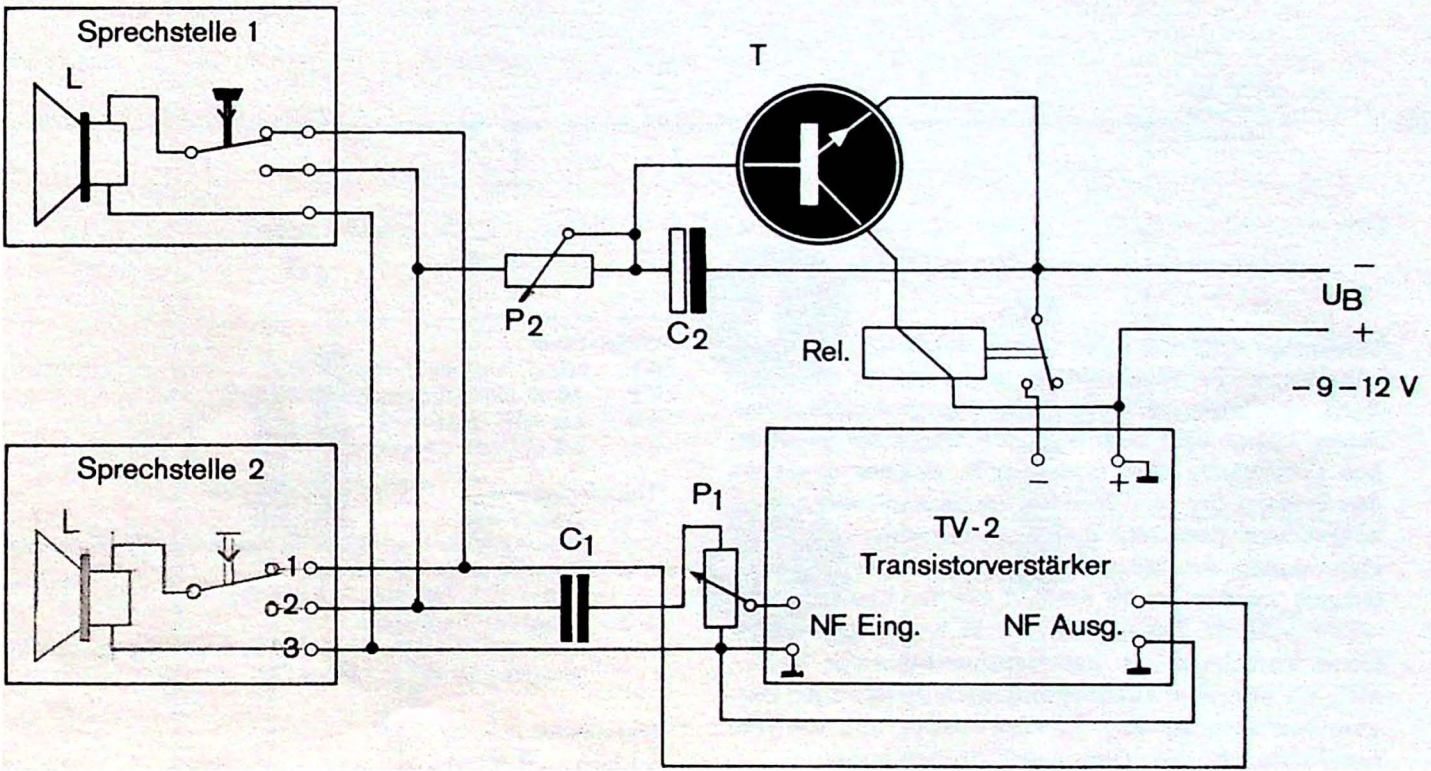
50 kΩ, so ergibt sich stärkere Gegenkopplung, damit größere Verzerrungsfreiheit, aber auch weiterer Verstärkungsrückgang. Wenn es in erster Linie auf verzerrungsfreie Wiedergabe ankommt, wie z. B. bei Plattenspieler-Verstärkern, kann man den Verstärkungsrückgang durch eine zusätzliche Vorstufe vor dem Verstärker, wie bereits in Schaltung 5 dargestellt, wieder ausgleichen.

Gegensprechanlage mit einem Verstärker nach Schaltung 6

Die Schaltung 6 a zeigt die Möglichkeit einer einfachen Sprechanlage mit einem Transistorverstärker (z. B. Schaltung 6). Im Ruhezustand der Sprechtasten an den einzelnen Betriebsstellen liegen alle Lautsprecher an dem Verstärkerausgang. Die Betriebsspannung des Verstärkers ist ausgeschaltet, da das in der Versorgungsspannung liegende Relais abgefallen ist.
Drückt man nun die Sprechtaste der Stelle 1, liegt der Lautsprecher an dem Verstärkereingang. Er fungiert dann als Mikrofon. Gleichzeitig wird dabei die Basis des npn-Transistors T positiv vorgespannt. Der Transistor zieht Kollektorstrom und schaltet über das Relais den Verstärker ein.
Die einzelnen Sprechstellen sind untereinander gleich. Die Anlage kann also von jeder Sprechstelle aus in Betrieb genommen werden.

Potentiometer
P 1 10 kΩ log.
P 2 10 kΩ Einstellregler
Kondensatoren
C 1 1 µF Wickelkondensator oder zwei 5 µF Elkos in Reihe geschaltet (Anschlüsse verpolt)
C 2 100 µF/15 V Elektrolytkondensator
Transistor
T AC 175
Relais
Rel 300 Ω Gruner
Lautsprecher 10 Ω 1 Watt

Schaltung 6 a: Kleine Sprechanlage mit dem Verstärker nach Schaltung 6



10-Watt-Transistor-Endstufe

Schaltung 7 zeigt eine Gegentakt-Endstufe mit Leistungstransistoren für Ausgangsleistungen bis zu 10 Watt. Solch eine Endstufe benötigt eine Menge Aussteuerleistung. Diese wird aber von der Gegentakt-Endstufe des Verstärkers nach Schaltung 6, welcher direkt an den Eingang der 10-Watt-Endstufe angeschlossen wird, aufgebracht. Endstufen dieser Art brauchen viel Strom und müssen aus einem Akku gespeist werden. Gebraucht werden sie in erster Linie für Lautsprecherwiedergabe im Freien oder für in Kraftwagen arbeitende Verstärker, die Lautsprecher bei einer Veranstaltung betreiben sollen und aus der Kraftwagen-Batterie betrieben werden. 10 Watt reichen aus, um eine Tanzfläche bei einer Gartenparty zu beschallen.

Widerstände

R 1	100 Ω Einstellpotentiometer
R 2	250 Ω Einstellregler (Entbrummer)
R 3	4 Ω NTC (Siemens)
R 4	3–5 Ω Drahtwiderstand 2 Watt

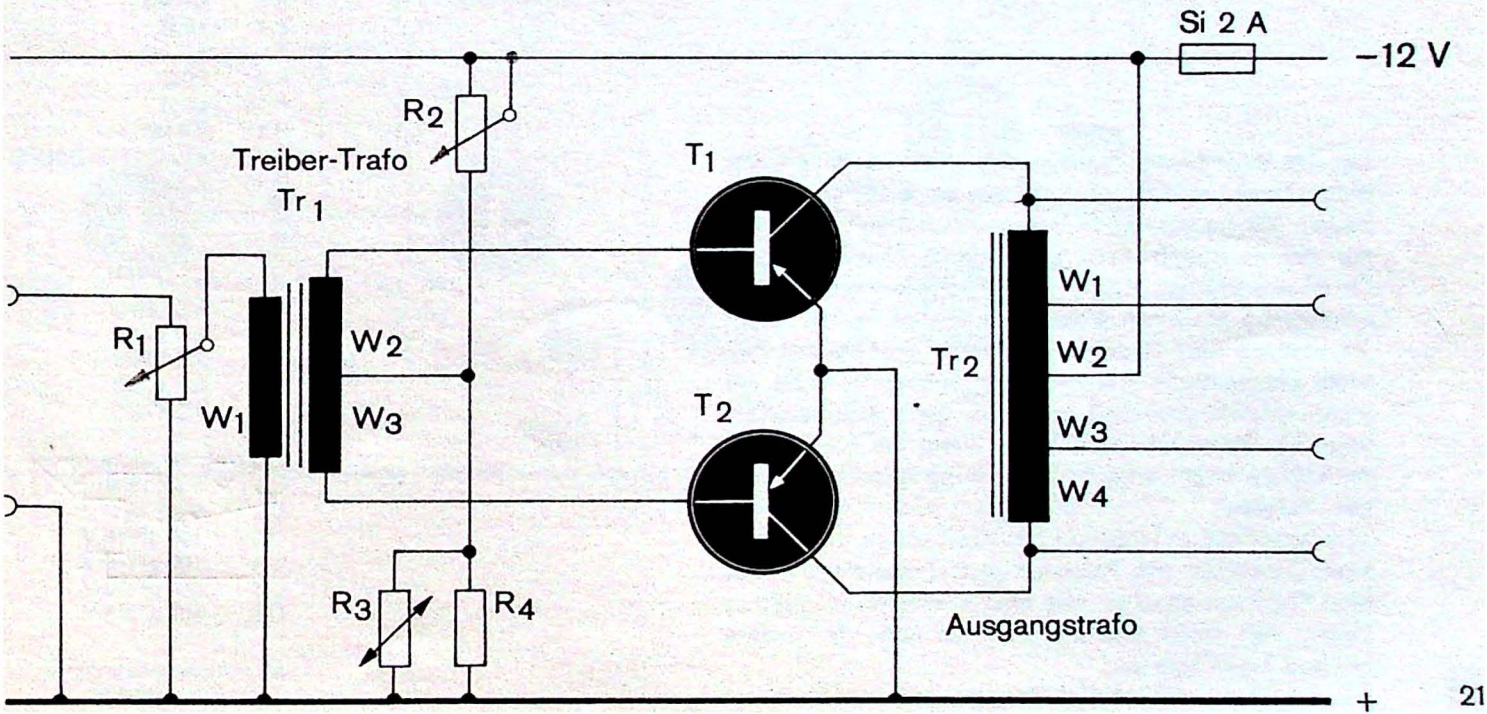
Transformatoren

Tr 1	Treibertrafo
	Kern M 55/20 Dyn.-Blech IV, wechselseitig geschichtet
	W 1 100 Wdg. 0,3 mm Cul
	W 2 + W 3 180 Wdg. 0,3 mm Cul
Tr 2	Ausgangsübertrager
	Kern M 55/20 Dyn.-Blech IV, wechselseitig geschichtet
	W 1–W 4 50 Wdg. 0,8 mm Cul

Transistoren

T 1 + T 2 TF 80/30

Schaltung 7: 10-Watt-Gegentakt-Endstufe



Eisenloser Verstärker

Die niederohmigen Transistorschaltungen bieten die Möglichkeit, Verstärker vollkommen eisenlos aufzubauen. Mit hochohmigen Röhrenschaltungen wäre das nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand möglich. Eisenlos bedeutet, daß die Schaltung keinerlei Transformatoren mit ihren Eisenblechpaketen enthält. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil in Transformatoren stets beträchtliche Verzerrungen auftreten, wenn sie nicht speziell gewickelt und sehr groß dimensioniert sind. Ein eisenloser Verstärker bietet die Möglichkeit besonders hochwertiger Verstärkung ohne übermäßigen Aufwand.

Von besonderem Interesse bei Verstärkern ohne Eisen sind Endstufen mit Komplementär-Transistoren. Das sind Transistorpärchen aus zwei Transistoren gleicher Daten, von denen aber der eine ein npn-, der andere ein pnp-Transistor ist.

Die bis jetzt besprochenen Schaltungen waren alle mit

Widerstände

R 1	100 kΩ
R 2	3,9 kΩ
R 3	1 kΩ
R 4	15 kΩ
R 5	25 kΩ Einstellregler
R 6	6,8 kΩ
R 7	10 Ω
R 8	1,5 kΩ
R 9	39 Ω
R 10	47 Ω
R 11	1,5 kΩ
R 12	130 Ω NTC (Valvo)
R 13	2,2 kΩ
R 14	470 Ω

Transistoren

T 1	AC 122 gr.
T 2	AC 127/1
T 3	AC 128/2
T 4	AC 128/3
T 5	AC 128/3

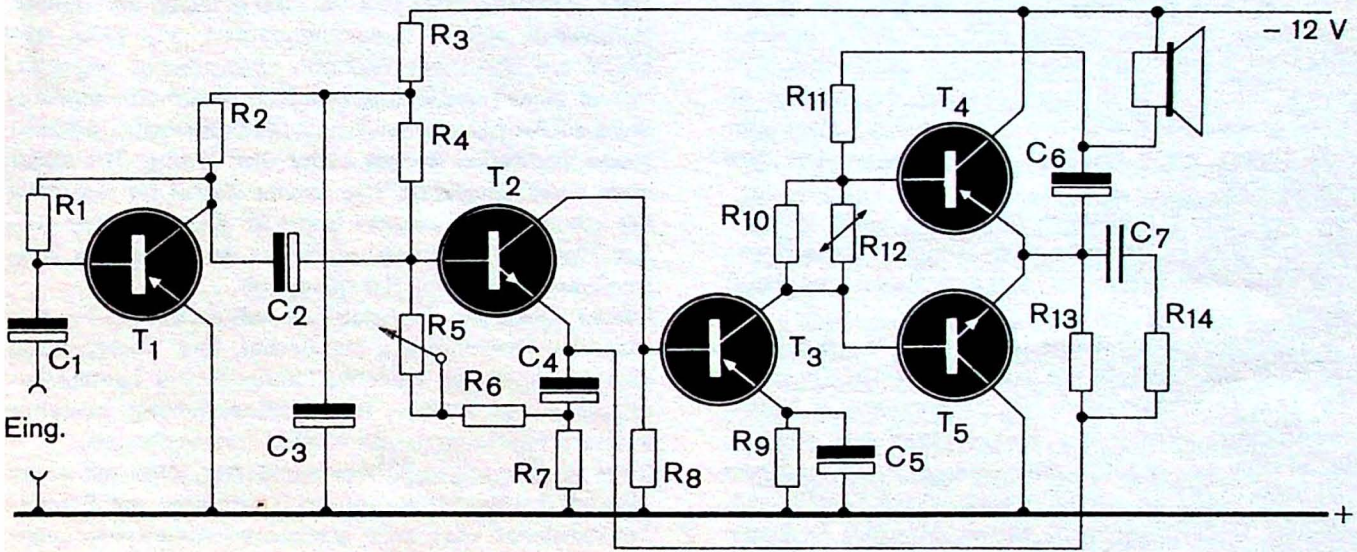
Elektrolytkondensatoren

C 1	5 µF/15 V
C 2	5 µF/15 V
C 3	100 µF/15 V
C 4	500 µF/15 V
C 5	250 µF/15 V
C 6	500 µF/15 V

Styroflexkondensatoren

C 7	10 nF/63 V

Schaltung 8: Gegentakt-Verstärker mit eisenloser Endstufe



pnp-Transistoren aufgebaut. npn-Transistoren sind erst in den letzten Jahren zum Einsatz gekommen. Sie sind prinzipiell gleich aufgebaut wie die pnp-Transistoren, nur verlaufen bei ihnen die Ströme genau umgekehrt. Während beim pnp-Transistor der Kollektor an Minus, der Emitter an Plus gelegt wird und der Transistor Strom zieht, wenn die Basis negativ gegenüber dem Emitter ist, wird beim npn-Transistor der Emitter an Minus gelegt, der Kollektor an Plus, und der Transistor zieht Strom, wenn die Basis positiv gegenüber dem Emitter wird.

npn- und pnp-Transistoren können in einer gemeinsamen Schaltung benutzt werden. Die npn-Transistoren sind dann aber gegenüber den pnp-Typen umgekehrt gepolt.

Die Reihenschaltung eines npn- und eines pnp-Transistors in der Endstufe wie in Schaltung 8 ergibt ebenfalls eine Gegentakt-Stufe. Da der eine dieser beiden Transistoren seinem Typ entsprechend auf positive, der andere auf negative Spannungen an seiner Basis anspricht, ergibt sich dadurch automatisch eine Phasenumkehr. Treiber-Transistor ist der AC 128 II. In seiner Kollektorleitung liegt ein Arbeitsteilwiderstand in Reihe mit dem Arbeitswiderstand AW. Steigt der Strom durch den Treiber, so läuft die Spannung an der Basis des AC 127 ins Positive; infolgedessen wird dieser Transistor stromführend. Nimmt der Strom durch den Treiber ab, so setzt sich die negative Spannung über den Arbeitswiderstand AW durch, die aber den AC 128 öffnet. An der Emitterverbindung dieser beiden Transistoren entstehen wechselnde Spannungen, je nachdem, ob der obere oder der untere Transistor Strom zieht. An dieser Stelle werden die getrennt verstärkten Halbwellen wieder zusammengeführt und über den Elko 6 auf den niederohmigen Lautsprecher gegeben. Irgend eine Transformatorkopplung ist in dieser Endstufe mit Komplementär-Transistoren unnötig. Der komplette Verstärker besitzt außer dem Treiber-Transistor noch zwei Vorstufen. Die zweite davon ist ebenfalls mit einem npn-Transistor bestückt. Der Kollektor dieses Transistors ist galvanisch mit der Basis des Treiber-Transistors über R 8 gekoppelt.

Dieser eisenlose Transistorverstärker ist ein hervorragender Plattenspieler-Verstärker. Die Vorschaltung eines Netzwerkes nach Schaltung 10 mit Lautstärkeregelung und Höhen- und Tiefenanhebung gestattet saubere Wiedergabe von Kristall-Tonabnehmern.

Zwei zusammengeschaltete Verstärker, jeder auf einen eigenen Lautsprecher arbeitend, ergeben mit Stereo-Tonabnehmer eine sehr brauchbare kleine Stereoanlage, deren Lautstärke absolut für kleine Räume, wie etwa in Wochenendhäusern oder auch Wohnwagen ausreicht. Mit Fertigbausteinen dieser Schaltung kann solch ein Stereoverstärker in weniger als einer Stunde betriebsfertig gemacht werden. Die Grundschaltung dieses Verstärkers wurde von VALVO entwickelt.

Eisenlose Endstufe mit künstlicher Treiber-Induktivität

Die Schaltung 9 gibt einen interessanten Einblick in die industrielle Schaltungstechnik hochwertiger Transistorverstärker. Es ist die Schaltung der eisenlosen Endstufe mit Vorstufe für klangtreue Wiedergabe besonders auf UKW im GRUNDIG-Musik-Boy.

Praktisch kann eine Endstufe mit Komplementär-Transistoren durch einen Treiber-Transistor allein in der notwendigen galvanischen Kopplung kaum ausgefahren werden.

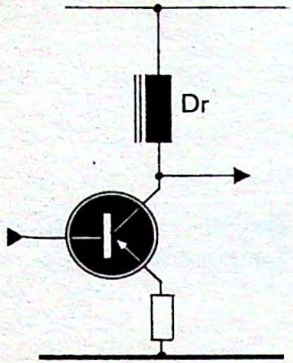
Grundig griff deshalb zurück auf eine Schaltungsart für den Treiber, die — in wesentlich einfacherer Form — in der Anfangszeit der Röhrentechnik sehr viel angewandt wurde: auf einen Verstärker mit einer Induktivität als Außenwiderstand.

Das sieht aus wie Schaltung 9 a; hier ist der Außenwiderstand eine NF-Drossel. Die Gleichstromkomponente kann durch die Drossel fast ungehindert fließen, aber dem Wechselstrom — der NF — stellt sie einen sehr hohen Widerstand entgegen. Dies erhöht die Verstärkung einer Stufe ganz bedeutend gegenüber einer solchen mit einem Widerstand im Ausgang. Der hohe Wechselstromwiderstand kommt durch die Induktivität der Drossel, durch ihre induktive Reaktanz: jedem Anschwellen des Stroms setzt sie eine Gegenspannung entgegen, jedem Schwächerwerden des Stroms erfolgt eine Spannungserhöhung in umgekehrter Richtung.

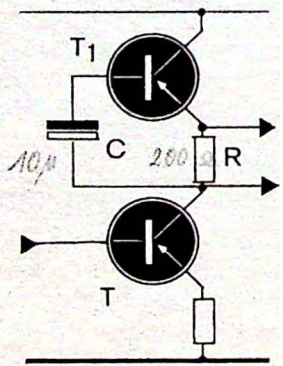
Aber eine Drossel ist frequenzabhängig; hohe Fre-

quenzen sperrt sie besser als niedrige, wodurch kein gleichmäßiger Frequenzgang über ein breites Frequenzspektrum, wie für hohe Wiedergabe-Qualität notwendig, erreicht werden kann — außerdem neigt sie wie Transformatoren dazu, Verzerrungen zu produzieren. NF-Drosseln kommen deshalb praktisch für moderne Verstärker kaum mehr in Frage.

Man kann aber die Wirkung der Drossel auch durch einen entsprechend geschalteten Transistor erzielen, wie dies auf Schaltung 9 b prinzipiell gezeigt ist. Der Transistor L wirkt hier als künstliche Induktivität, als induktive Reaktanz, aber ohne die nachteiligen Wirkungen einer gewickelten NF-Drossel. Er stellt mit seiner gesamten Verschaltung den induktiven Kollektorwiderstand des unteren Transistor T dar, er ersetzt die Drossel. Zwischen den Kollektor des unteren Transistors T und den Emitter des Transistors L ist ein Widerstand geschaltet, an dem sich, sobald der untere Transistor T stärkeren Strom fließen läßt, ein stärkerer Spannungsabfall ausbildet. Über den Kondensator C wird dabei positive Spannung gegenüber der Emitterspannung des oberen Transistors auf dessen Basis geworfen, und das hat zur Folge, daß der obere Transistor sperrt, sobald der untere mehr Strom fließen lassen will. Er öffnet, sobald der untere zugesteuert wird. Das aber ist genau die gleiche Wirkung, die auch eine NF-Drossel hervorrufen würde; es bedeutet einfach eine sehr beträchtliche Erhöhung des Wechselstromwiderstands.



Schaltung 9 a



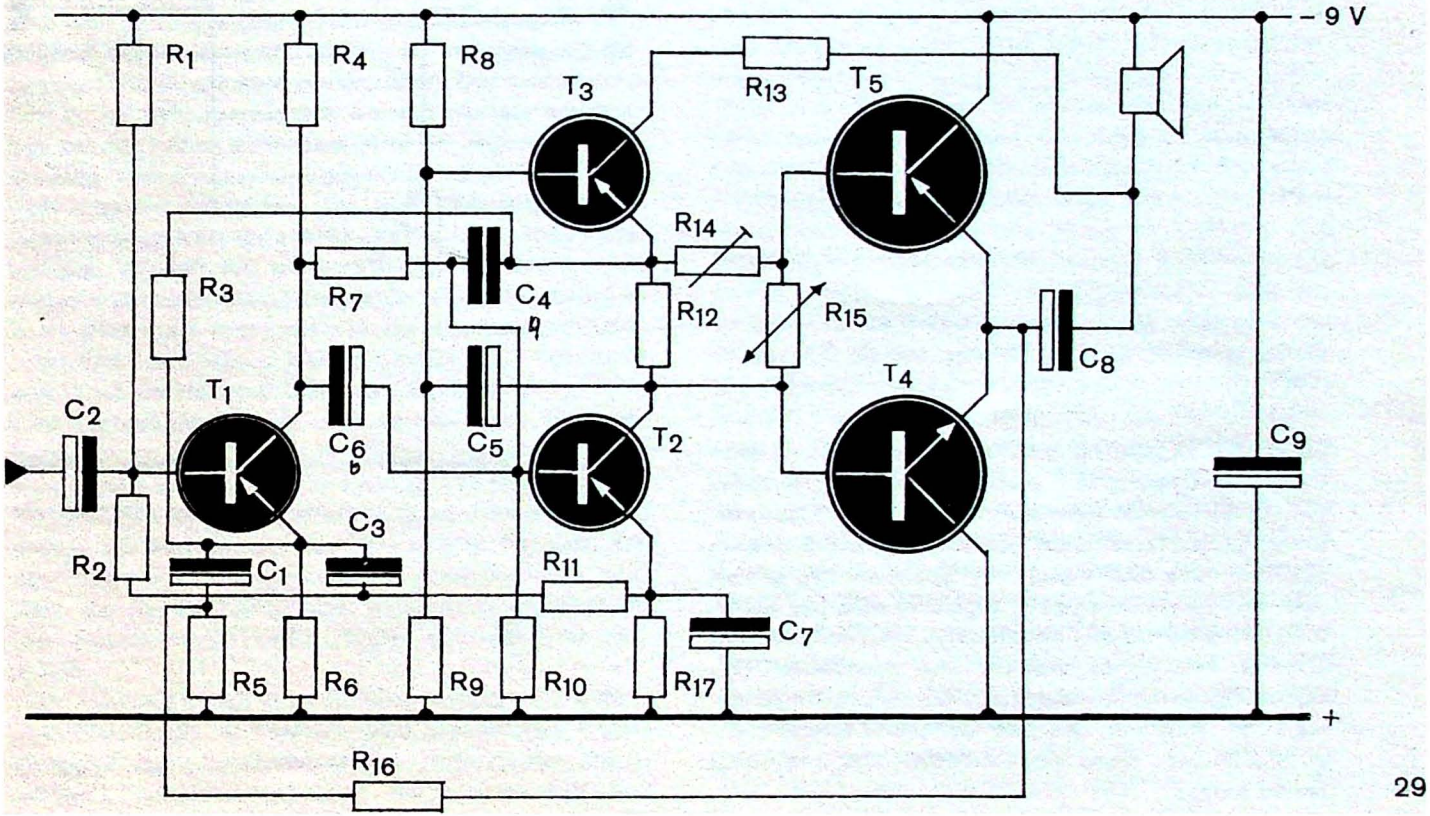
Schaltung 9 b

Auf die dargestellte Weise läßt sich der Wechselstromwiderstand unendlich hochtreiben und — da ein Transistor ein aktives Bauelement ist — sogar negativ machen. Der obere Transistor unterstützt dann die Wirkung des unteren aktiv und trägt zur Gesamtverstärkung bei. Dies geschieht breitbandig: es wird kein Frequenzgebiet bevorzugt oder benachteiligt.

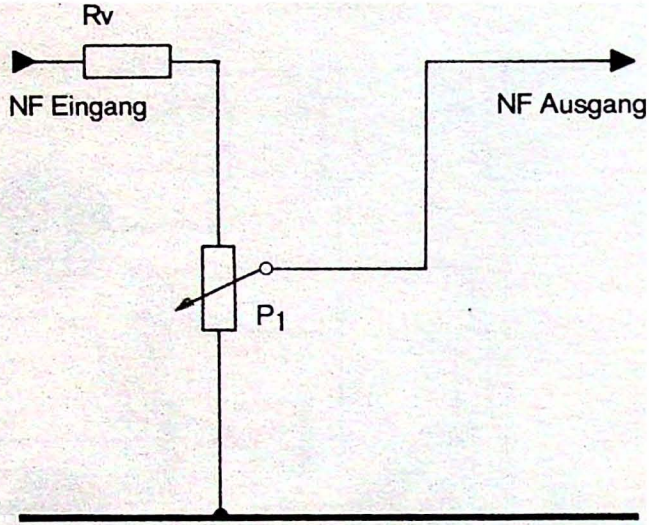
Der Verstärker von Schaltung 9 ist nach diesem Prinzip geschaltet. T 2 ist der Treibertransistor, T 3 der als künstliche Induktivität geschaltete aktive Kollektorwiderstand von T 2. Sein Kollektoranschluß erfolgt über den 8-Ohm-Lautsprecher.
T 2 treibt zusammen mit T 3 die Gegentakt-Endstufe mit T 4 und T 5. Der Kollektorstrom durch beide Endstufen-Transistoren soll etwa 4 mA betragen und kann mit dem Trimmer R 14 eingestellt werden. Stabilisiert ist die Spannung unter anderem durch den Thermistor R 15 im Basiskreis der Endstufe.
Die Schaltung erscheint etwas unübersichtlich, weil aus Gründen höchster Klangqualität mehrere genau bemessene Gegenkopplungszweige angeordnet sind. Der Haupt-Gegenkopplungszweig verläuft vom Lautsprecheranschluß über R 16 und C 1 an den Emitter der Vorstufe T 1. Ein weiterer Gegenkopplungszweig führt vom Emitteranschluß von T 2 über R 11 auf die Basis von T 1. Eine kapazitive Kopplung besteht über C 4 und R 7 für besonders hohe Frequenzen zwischen Emitter von T 3 und Kollektor von T 1.
Diese Kopplungszweige sind zwar für das Arbeitsprinzip der Schaltung in dieser Form nicht unbedingt notwendig, aber bestimmend für höchste Wiedergabequalität.
Die allerdings kann nicht besser sein als die Qualität, welche die vor T 1 angeschlossenen Vorverstärkerstufen zu liefern imstande sind. Es wird empfohlen, hierfür ebenfalls stark gegengekoppelte Verstärkerstufen zu verwenden.
Außerdem muß man, wenn man schon solch einen Aufwand für Wiedergabequalität treibt, auch auf die Qualität des Lautsprechers achten. Ein Lautsprecher bevorzugt umso mehr die hohen Frequenzen und vernachlässigt die tiefen, je kleiner sein Korbdurchmesser ist. Von kleinen Lautsprechern ist daher niemals besondere Klangqualität zu erwarten. Ein Korbdurchmesser von 10 cm ist die Mindestanforderung. Mit solch einem Lautsprecher und einer sorgfältigen Schaltung mit der dargestellten Endstufe läßt sich jedoch ein Plattenspielerverstärker bauen, der bei kleinsten Ausmaßen auch sehr hohen Ansprüchen voll gerecht wird und dessen Wiedergabequalität auf alle Fälle höher liegt als die üblicher Radiogeräte, die man bis vor wenigen Jahren gewohnt war.

Widerstände		Transistoren	
R 1	39 kΩ	T 1	AC 151
R 2	5,6 kΩ	T 2	OC 305
R 3	12 kΩ	T 3	OC 305
R 4	10 kΩ	T 4	AC 127 K
R 5	27 Ω	T 5	AC 128 K
R 6	2,2 kΩ	Elektrolytkondensatoren	
R 7	56 Ω	C 1	100 µF/15 V
R 8	8,2 kΩ	C 2	1 µF/15 V
R 9	12 kΩ	C 3	25 µF/15 V
R 10	15 kΩ	C 5	10 µF/15 V
R 11	6,8 kΩ	C 6	0,33 µF/33 V
R 12	120 Ω	C 7	50 µF/15 V
R 13	150 Ω	C 8	1000 µF/15 V
R 14	500 Ω Einstellregler	C 9	1000 µF/15 V
R 15	500 Ω NTC	Styroflexkondensatoren	
R 16	6,8 kΩ	C 4	340 pF/63 V
R 17	39 Ω		

Schaltung 9:
Transistorverstärker mit künstlicher Treiberinduktivität



Lautstärke- und Klangregelung



Schaltung 10 a: Lautstärkeeinsteller

Für praktisch alle NF-Verstärker benötigt man eine Lautstärkeregelung. Die erhält man sehr einfach durch ein zur NF-Quelle (Mikrofon, Plattenspieler) geschaltetes Potentiometer nach Schaltung 10 a, mit dessen Schleifer mehr oder weniger NF-Spannung abgegriffen und dem Verstärkereingang zugeführt wird. Die Schaltung 10 a wird vor den betreffenden NF-Verstärker geschaltet. Handelt es sich um eine hochohmige NF-Spannungsquelle (Kristallmikrofon, Kristalltonabnehmer), so wird vor das Pot der Vorwiderstand RV geschaltet, der einen Wert zwischen 200 und 50 kΩ haben kann.

Rv 0–200 kΩ
P 10 kΩ log.

Soll der Verstärker nicht nur zur Verständigung wie z. B. bei einer Gegensprechanlage dienen, so ist jedoch eine weit umfangreichere Schaltung zur Klangregelung äußerst empfehlenswert, mit der auf optimale Wiedergabequalität eingeregelt werden kann. Das menschliche Ohr ist für tiefe Frequenzen weitaus weniger empfindlich als für hohe, außerdem strahlen allgemein Lautsprecher tiefe Frequenzen schlechter ab als hohe. Deshalb müssen, besonders bei leiser Wiedergabe, die hohen Frequenzen abgesenkt und die tiefen angehoben werden, so daß sie kräftiger verstärkt werden. Mit einem anspruchsvollen Klangregler wie in Schaltung 10 kann dies auch entsprechend der Lautsprecher-Charakteristik geschehen. Kleine Lautsprecher benötigen eine stärkere Höhenabsenkung als große.

Der Klangregler besitzt drei verschiedene Potentiometer: einen zum Regeln der tiefen Frequenzen, einen zum Regeln der hohen und einen dritten Regler für die Gesamtlautstärke. Jeder der beiden Klangregler ist streng genommen ein Lautstärkeregler für sich, der aber nicht auf dem gesamten Frequenzbereich, sondern nur für die hohen bzw. tiefen Töne wirksam ist. Der Regelbereich beider Regler überschneidet sich etwas.

Die Regelung bringt unvermeidlich Verluste mit sich. Zum Ausgleich ist deshalb dem eigentlichen Regelnetzwerk ein Vorstufentransistor vorgeschaltet. Die in diesem Transistor verstärkte NF gelangt über den Kondensator C 6 auf den Höhenregler, der nur über den Kondensator C 7 an den Netzwerkausgang angekoppelt ist. Ein solch kleiner Kondensator stellt für tiefe Frequenzen einen beträchtlichen Widerstand dar; wenn deshalb der Schleifer des Höhenreglers aufgedreht wird (nach oben), so werden über ihn in erster Linie hohe Frequenzen auf den Ausgang übertragen. Gleichzeitig werden durch Widerstand R 7 die hohen Frequenzen daran gehindert, nach links zum Tiefenregler-Netzwerk abzufließen. Wird der Schleifer des Höhenreglers nach abwärts bewegt, so werden die hohen Frequenzen durch den Kondensator C 8 zum großen Teil zur Masse (Plus) geleitet, ohne daß ein Kurzschluß für den gesamten Frequenzbereich eintritt. Die tieferen Frequenzen wandern dann über den Widerstand R 7 nach links ab; dort bilden die Waffelkondensatoren C 4, C 5 zusammen mit dem Widerstand R 6 einen weiteren Kurzschluß für hohe Frequenzen, so daß beim Aufdrehen des Tiefenreglers in erster Linie tiefe Frequenzen zum Ausgang gelangen. Das Netzwerk ist so ausgelegt, daß mittlere Frequenzen nur wenig gedämpft werden, wenn beide Regler zugedreht sind. Werden beide Regler voll aufgedreht, so ergibt sich eine beträchtliche Anhebung sowohl der tiefen wie der hohen Frequenzen über das Niveau der Mittelfrequenz. Wird nur der Höhenregler aufgedreht, so klingt das übertragene Frequenzgemisch scharf. Bei voll aufgedrehtem Tiefen- und zugedrehtem Höhenregler wirkt die

Wiedergabe dumpf. Jede Zwischenstellung der Regler für ein natürliches Klangbild ist möglich, wobei auch Unsauberkeiten im Frequenzgang billiger Mikrofone ausgeglichen werden können. Bei Kristallmikrofonen wird eine stärkere Tiefenanhebung notwendig sein als bei dynamischen.

Die generelle Lautstärkeregelung erfolgt über den Lautstärkeregler am Ausgang des Netzwerks.

Im angeschlossenen Verstärker entstehende Verzerrungen kann das Netzwerk nicht ausgleichen. Deshalb empfiehlt sich, wenn es auf Klangqualität ankommt, immer ein hochwertiger Verstärker mit eisenloser Endstufe wie etwa Schaltung 8. Es muß auch darauf geachtet werden, daß der Transistor vor dem Netzwerk durch die NF-Spannungsquelle nicht übersteuert wird. Besonders Kristalltonabnehmer können beträchtliche Spannungsspitzen erzeugen: wenn man sie benutzt, ist immer ein Vorwiderstand von einigen hundert kΩ vor den Eingang zu schalten.

Widerstände

R 1	68 kΩ
R 2	10 kΩ
R 3	8,2 kΩ
R 4	3 kΩ
R 5	4,7 kΩ
R 6	510 Ω
R 7	1,5 kΩ
R 8	510 Ω

Potentiometer

P 1	25 kΩ linear
P 2	25 kΩ linear
P 3	10 kΩ log.

Transistoren

T	AC 122 gr.

Lautstärkeeinsteller

Elektrolytkondensatoren

C 1	5 µF/15 V
C 2	50 µF/15 V
C 3	10 µF/15 V
C 6	10 µF/15 V
C 9	100 µF/15 V
C 10	10 µF/15 V
C 11	10 µF/15 V

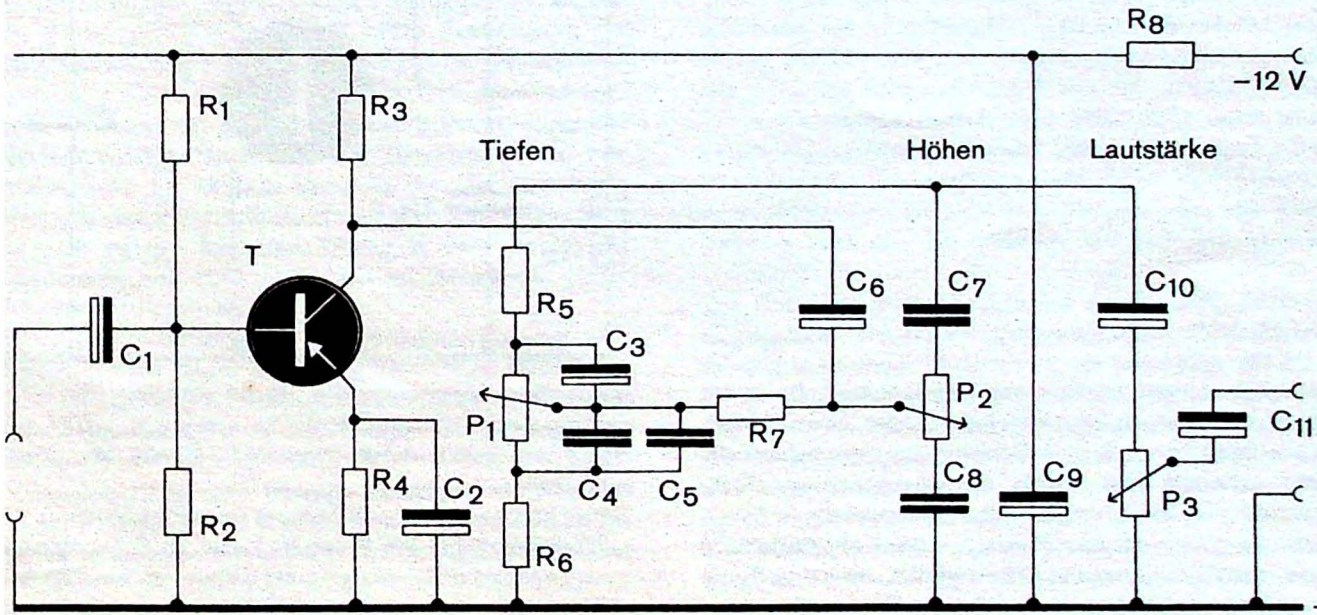
Kondensatoren
Wima Tropyfol

C 4	0,1 µF/125 V
C 5	0,1 µF/125 V
C 8	0,05 µF/125 V

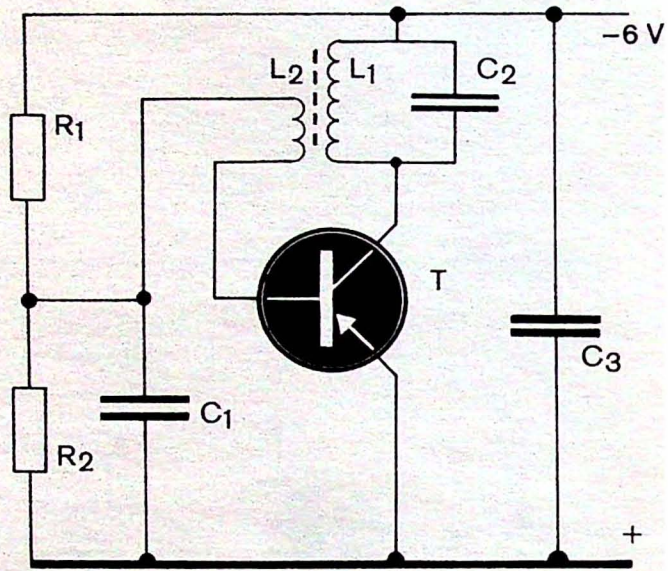
Styroflexkondensatoren

C 7	5 nF/63 V

Schaltung 10: Klangregelung für Transistorverstärker



Schaltung 11



sind Schaltungen zur Schwingungserzeugung. Bei ihnen wird die Verstärkung einer Röhre oder eines Transistors dazu benutzt, eine Schwingung aufzuschaukeln. Das geht auf dem Prinzip der Rückkopplung. Rückkopplung ist bei allen Oszillatoren notwendig.

Schaltung 11 zeigt das Prinzip: in der Kollektorleitung des Transistors liegt ein Schwingkreis. An seine Spule angekoppelt ist eine zweite kleine Spule, die sogenannte Rückkopplungsspule, die an die Basis des Transistors angeschlossen wird. Vorspannung erhält die Basis wie üblich durch zwei Widerstände als Spannungsteiler.

Erhält nun eine solche Schaltung Betriebsspannung, so entsteht zunächst ein Stromstoß, der im Schwingkreis eine gedämpfte Schwingung zur Folge hat. Ein Teil der Schwingleistung wird über die Ankopplungsspule auf

die Basis geführt und steuert den Transistor an, folglich erscheint dieselbe Schwingung wieder an der Basis des Transistors v e r s t ä r k t und stößt über den Transistor sich selbst an. Die Katze beißt sich in den Schwanz: der Transistor wird mit derselben Schwingung, die er verstärkt, selbst angesteuert und verstärkt damit die Schwingung wiederum. Die Verluste im Schwingkreis werden dadurch ausgeglichen, es gibt im Schwingkreis eine ungedämpfte Schwingung mit ganz erheblichen Schwingspannungen. Ist die Schwingspannung höher als die angelegte Betriebsspannung, spricht man davon, daß der Transistor in überspanntem Betrieb arbeite. Die Höhe der Schwingung, die Frequenz, wird bei diesem Vorgang von der Resonanzfrequenz des Schwingkreises selbst bestimmt. Sie kann je nach dessen Dimensionierung in dem Gebiet der Niederfrequenz (NF) oder auch im Gebiet der Hochfrequenz (HF) liegen.

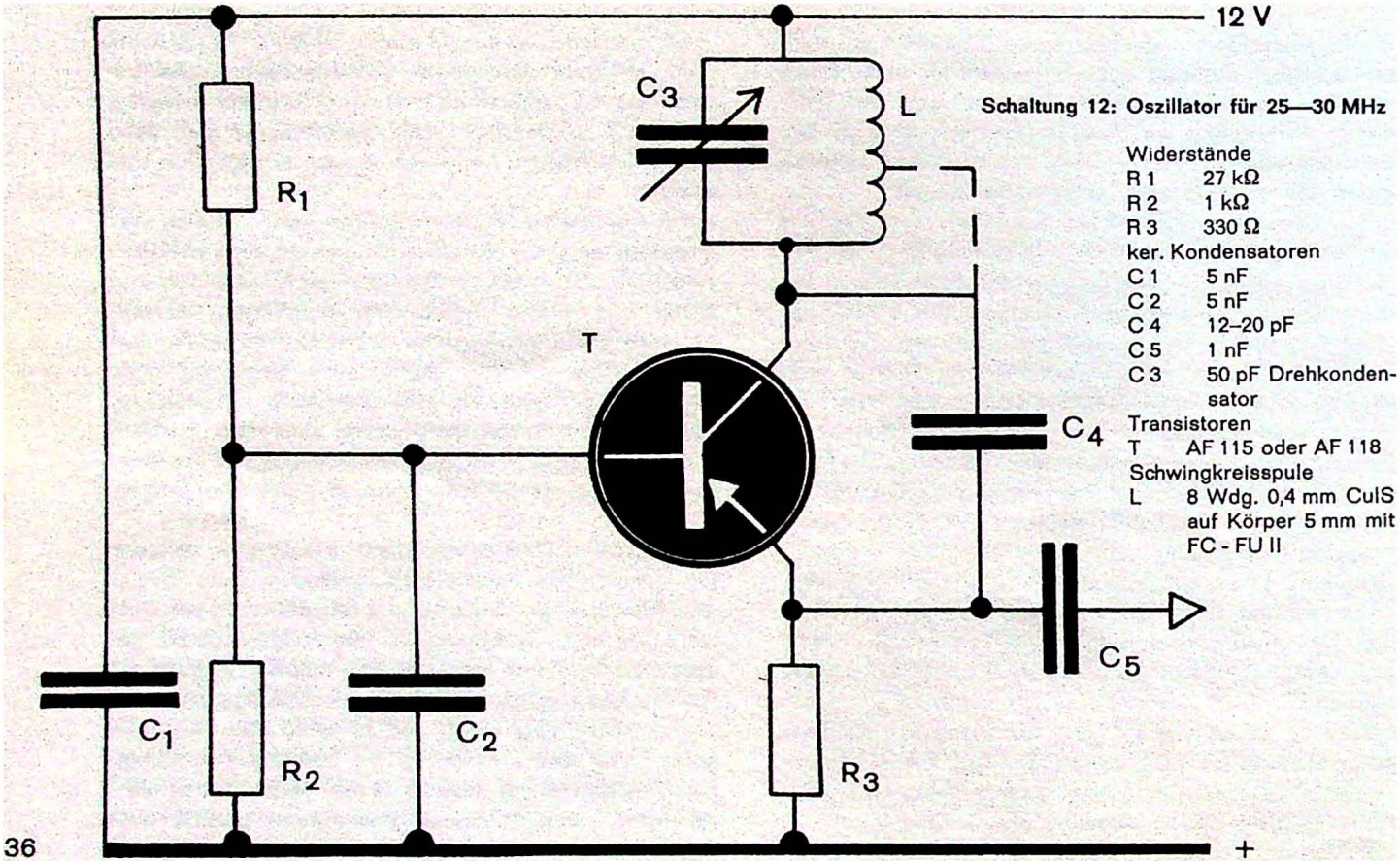
Schaltung 11 ist lediglich eine Prinzipdarstellung. Man kann zwar mit dieser Schaltung bei richtiger Dimensionierung Schwingung erzeugen, aber in der Praxis haben sich weiter ausgefeilte Schaltungen als günstiger erwiesen.

Schaltung 12 ist eine gängige Schaltung zur Hochfrequenzerzeugung mit Transistoren. Der Transistor arbeitet in Basisschaltung; die Rückkopplung läuft vom Kollektor bzw. Schwingkreis auf den Emitter (C 4).

Zur Hochfrequenzabtrennung gegen Masse besitzt der Emitter einen Emitterwiderstand. Es kann u. U. günstig sein, den Rückkopplungskondensator nicht an die Kollektorleitung, sondern an eine Anzapfung der Schwingkreisspule anzukoppeln. Der Schwingkreis wird dann weniger bedämpft. Die Auskopplung erfolgt über den Emitter.

Einen stabilen Hochfrequenzoszillator mit variabler Frequenz sehen Sie in Schaltung 13. Es ist die Oszillatorschaltung, die in selbstschwingenden Mischstufen von Mittel- und Kurzwellen-Transistor-Empfängern verwendet wird. Die Rückkopplung findet hier ebenfalls vom Schwingkreis auf dem Emitter statt, aber nicht über einem Kondensator, sondern über eine Koppelspule. Während der Emittergleichstrom über den Emitterwiderstand fließt, wird die Hochfrequenz über die Koppelspule und den Kondenstaor C 3 auf den Emitter gekoppelt.

Die Kopplung über Koppelspule erlaubt eine bessere Einregelung des Rückkoppelungsgrades. Zum Zweck möglichst geringer Bedämpfung ist außerdem der Kollektor an eine Anzapfung der Schwingkreisspule gelegt. Der Oszillator arbeitet umso stabiler, je geringer der Kopplungsgrad auf die Rückkopplungsspule ist; das bedeutet aber auch, daß er nicht stabil arbeiten kann, wenn man von ihm große Leistungen verlangt. Ein Oszillator sollte deshalb immer so betrieben werden, daß seine Schwingungsamplitude gerade ausreicht, um die Schwingung zu erhalten und die nächste



Schaltung 12: Oszillator für 25—30 MHz

Widerstände
R 1 27 kΩ
R 2 1 kΩ
R 3 330 Ω
ker. Kondensatoren
C 1 5 nF
C 2 5 nF
C 4 12–20 pF
C 5 1 nF
C 3 50 pF Drehkondensator
Transistoren
T AF 115 oder AF 118
Schwingkreisspule
L 8 Wdg. 0,4 mm CulS auf Körper 5 mm mit FC - FU II

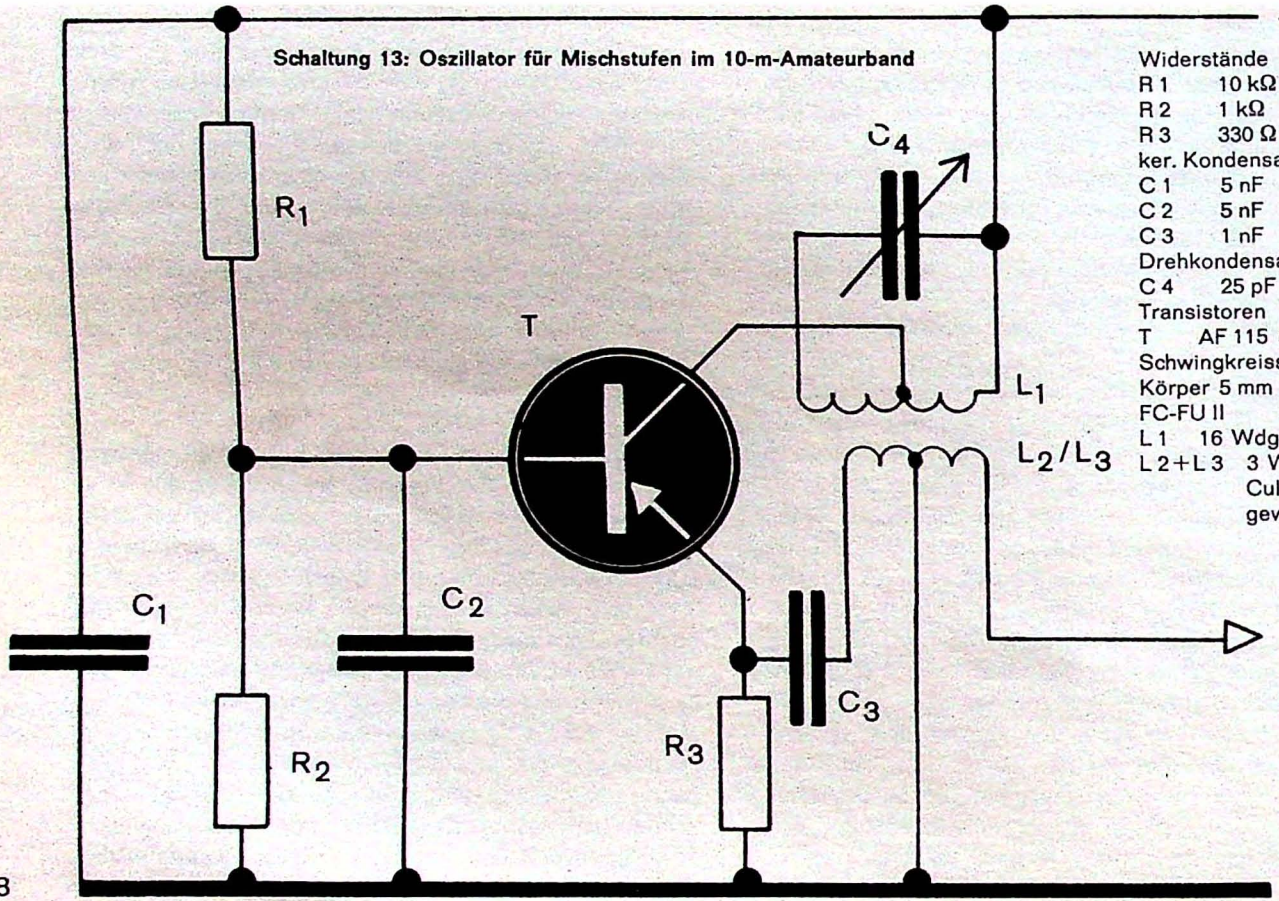
Stufe anzusteuern. Die Schwingung wird am besten durch eine zweite Kopplungsspule abgenommen, die, wie hier, Teil der Koppelspule sein kann, aber vom Rückkopplungsteil durch einen Mittelabgriff zur Masse getrennt. Grundsatz: möglichst wenig Rückkopplung, möglichst wenig Auskopplung. Schaltung 13 eignet sich besonders als Oszillator für Konverter, mit dem man als Vorsatz zu einem Mittelwellen-Rundfunkempfänger Kurzwellenbereiche empfangen kann.

Metallabschirmung ist für stabiles Arbeiten unbedingt notwendig.

Dies gilt nicht für Oszillatoren mit Frequenzstabilisierung durch Quarz. Der Schwingquarz, der selbst ein Schwingkreis unveränderlicher Frequenz ist, erzwingt ein stabiles Frequenzverhalten. Quarzoszillatoren sind deshalb auch stabil, wenn sie nur auf einem Schaltungsplättchen aufgebaut sind. Allerdings kann man ihre Frequenz nur durch Auswechseln des Quarzes ändern. Einen Quarzoszillator erhält man sehr einfach, wenn man in die Schaltung 13 statt des Kondensators 1 nF von der Koppelspule zum Emitter einen Schwingquarz schaltet. Der Schwingquarz arbeitet dann in Serienresonanz und läßt nur seine Resonanzfrequenz von der Koppelspule auf den Emitter durch. Die Schaltung arbeitet deshalb unveränderlich auf dieser Quarzfrequenz. Der Schwingkreis in der Kollektorleitung, der jetzt natürlich keinen Drehko mehr zu besitzen braucht, muß nur ungefähr auf die Quarzfrequenz abgestimmt sein. Bei genauer Abstimmung auf die Quarzfrequenz setzt die Schwingung aus. Dies ist wichtig zu wissen, weil jeder Quarzoszillator umso kräftiger schwingt, je mehr der Schwingkreis auf die Quarzfrequenz abgestimmt ist. Wenn man deshalb durch Nachstimmen am Schwingkreis zu viel Leistung aus dem Quarzoszillator herausholen will, erreicht man schließlich eine Stellung, bei der dieser nach dem Abschalten und Wieder-Einschalten nicht mehr anschwingt. Diese Stellung muß man vermeiden; auch bei Quarzoszillatoren ist es nicht günstig, wenn man sie bis zum Äußersten belastet.

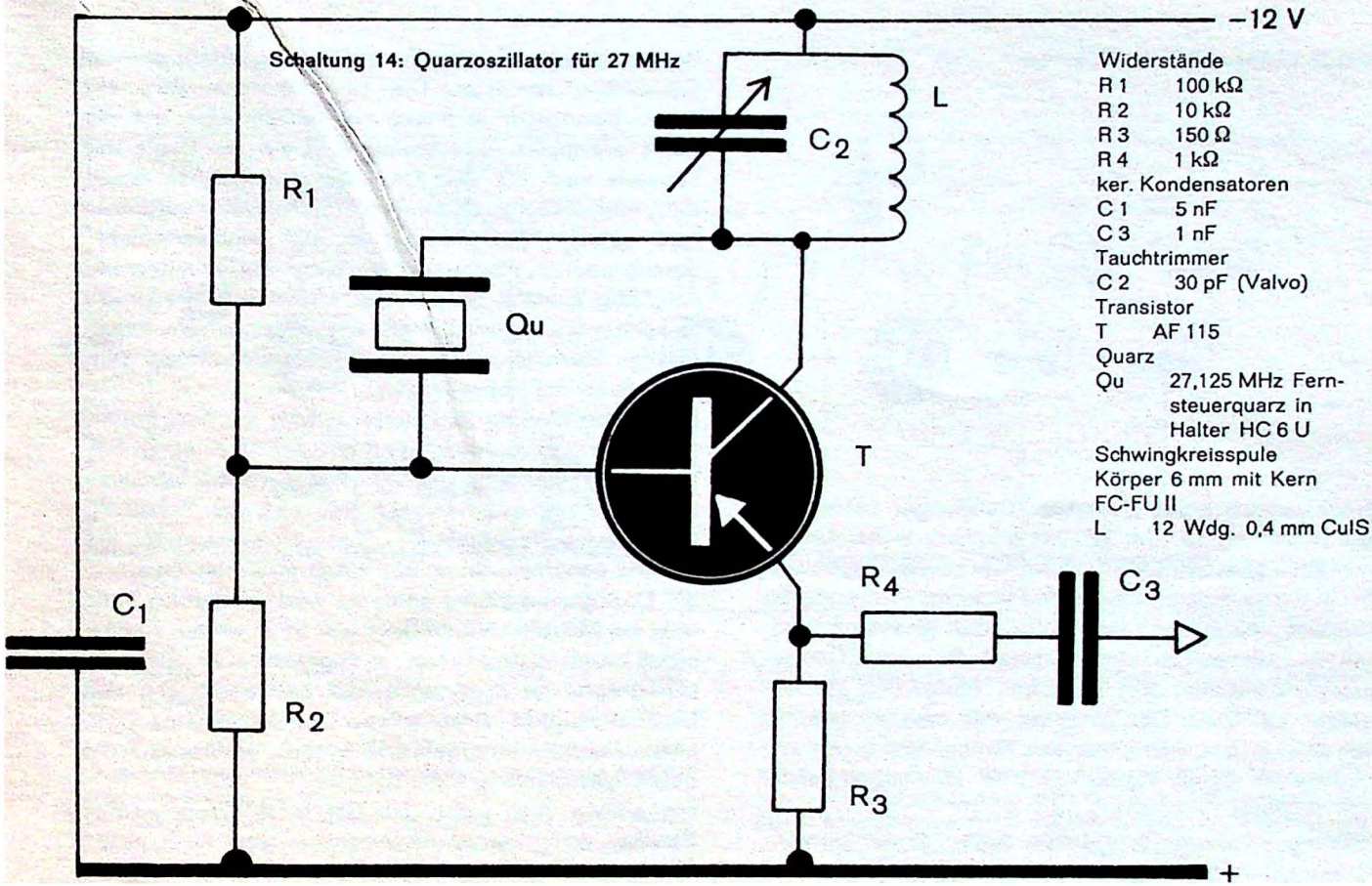
Die Schaltung 13 mit Quarz wird in Transistorsendern verwendet, aber öfter noch die Schaltung 14. Sie ist in den letzten Jahren zur gängigen Oszillatorschaltung für Transistorkleinsender, Fernsteuersender, Funksprechsender usw. geworden. Der Quarz liegt hier vom Kollektor auf die Basis; er arbeitet in Parallelresonanz und besorgt die notwendige Phasendrehung von 180 Grad auf die Basis. Die Schaltung ist äußerst unkritisch, man kann verschiedenartige Transistoren verwenden, als Quarze auch Obertonschwinger für besonders hohe Frequenzen. Sie geht ebenso mit 6 Volt wie mit 12 Volt Betriebsspannung. Ausgekoppelt wird am Emitter. Möglich ist aber auch Auskopplung über eine Koppelspule an der Schwingspule auf den nächsten Verstärkertransistor des Kleinsenders.

Schaltung 13: Oszillator für Mischstufen im 10-m-Amateurband



Widerstände
R 1 10 kΩ
R 2 1 kΩ
R 3 330 Ω
ker. Kondensatoren
C 1 5 nF
C 2 5 nF
C 3 1 nF
Drehkondensator
C 4 25 pF
Transistoren
T AF 115 oder AF 118
Schwingkreisspule
Körper 5 mm mit Kern
FC-FU II
L 1 16 Wdg. 0,4 mm CulS
L 2+L 3 3 Wdg. 0,4 mm CulS über L 1 gewickelt

Schaltung 14: Quarzoszillator für 27 MHz



Widerstände
R 1 100 kΩ
R 2 10 kΩ
R 3 150 Ω
R 4 1 kΩ
ker. Kondensatoren
C 1 5 nF
C 3 1 nF
Tauchtrimmer
C 2 30 pF (Valvo)
Transistor
T AF 115
Quarz
Qu 27,125 MHz Fernsteuerquarz in Halter HC 6 U
Schwingkreisspule
Körper 6 mm mit Kern FC-FU II
L 12 Wdg. 0,4 mm CulS

Kleinsender mit Transistoren

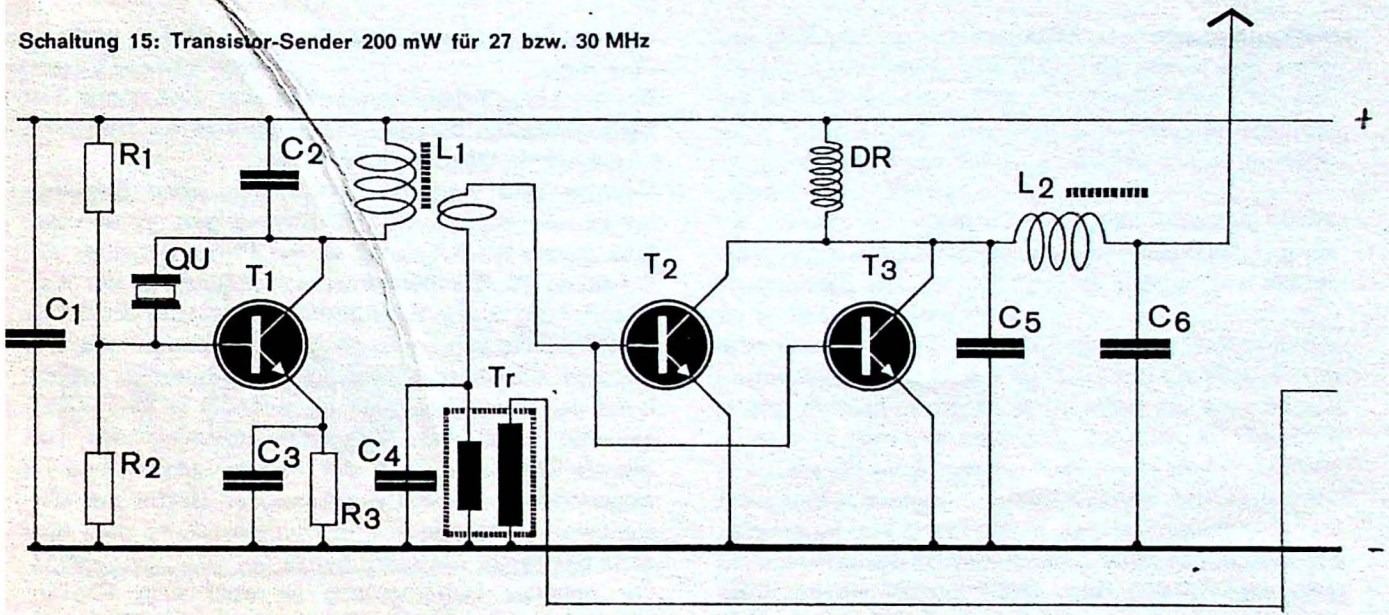
Einen vollständigen Transistor-Kleinsender sehen Sie auf Schaltung 15. Der HF-Teil läßt sich in der Größe von etwa zwei Streichholzschachteln bequem aufbauen. Er ist mit japanischen Silicium-Planar-npn-Transistoren bestückt, die bis weit ins UKW-Gebiet hinein arbeiten. Sie sind wesentlich wärmeunempfindlicher als Germanium-Transistoren und vertragen Erwärmung bis ungefähr 150 Grad. Das bedeutet, daß man sie wesentlich stärker belasten kann. Der Sender gibt in der angegebenen Schaltung bei 27 bzw. 28 MHz ungefähr 200 Milliwatt HF-Leistung ab.

Silicium-Transistoren erlauben auch, die Senderendstufe in der Basis zu modulieren, weil der Transistortyp eine höhere Emitter-Basisspannung zuläßt als der Germanium-Transistor. Die NF-Modulation wird mit einem Übertrager in einem Ferritschalenkern auf die Basis gekoppelt. Gleichzeitig wird auf die Basis der Endstufe auch die vom Oszillator abgegebene Spannung eingekoppelt. Der Endstufen-Transistor wird deshalb sowohl mit HF- wie mit der Modulations-NF durchgesteuert, also moduliert. Wenn der Arbeitspunkt sorgfältig gewählt ist und der Modulationsgrad nicht zu hoch getrieben wird, ergibt sich eine saubere, sinusförmige Modulation, wie sie für schmalbandige Senderabstrahlung notwendig ist.

Ein solcher Sender kann sehr einfach als Fernsteuersender benutzt werden, wenn man ihn über einen NF-Verstärker und einen NF-Oszillator (siehe nächstes Kapitel) moduliert. Sehr gut läßt sich die Schaltung jedoch auch als Amateur-Funksprech-Kleinsender auf 28 MHz benutzen, wenn ein entsprechender Quarz in die Oszillatorschaltung gesteckt wird. In diesem Falle wird ein Mikrofon-Verstärker, wie er im ersten Kapitel schon beschrieben worden ist, angeschlossen. Ein Lautstärkeregler ist dann unbedingt notwendig, um den Modulationsgrad einzustellen. Der Sender kann in einem Gehäuse untergebracht werden, in dem auch die Empfängerschaltung Platz hat.

Sie wissen doch wohl, daß Sie ohne Lizenz keinen Sender, weder einen Fernsteuersender noch einen Sender für Amateurfunk, betreiben dürfen!

Schaltung 15: Transistor-Sender 200 mW für 27 bzw. 30 MHz



R 1	50 kΩ	C 1	0,02 MF	C 5, C 6	150 pF
R 2	10 kΩ	C 2	20 pF Polyester		
R 3	1 kΩ	C 3	0,01 MF		
		C 4	0,01 MF		

Für Kondensatoren und Widerstände können kleinste Ausführungen verwendet werden.

L 1 15 Wdg. Cul 0,15 mm ϕ auf Körper 5 mm ϕ, HF-Ferritkern FC-FU II Ankopplung 3 Wdg. 0,2 mm ϕ, gespinstisoliert, auf Mitte von L 1

L 2 8 Wdg. Cul 0,2 mm ϕ auf Körper 6 mm ϕ, HF-Ferritkern

Dr HF-Drossel rd. 30 Wdg. Cul 0,1 mm ϕ auf Widerstandskörper 1 mΩ oder handelsüblich

Qu Schwingquarz im Frequenzband 27,12 MHz 0,6 % (Funkfernsteuerung) oder 28—29,7 MHz (Amateurfunk)

TR Modulationstrafo in Ferrit-Schalenkern 14 mm ϕ, primär 250, sekundär 150 Wdg. Cul 0,8 mm ϕ. Modulationsleistung als Kollektorleitung eines NF-Verstärkungs-Trans.

NF-Oszillatoren

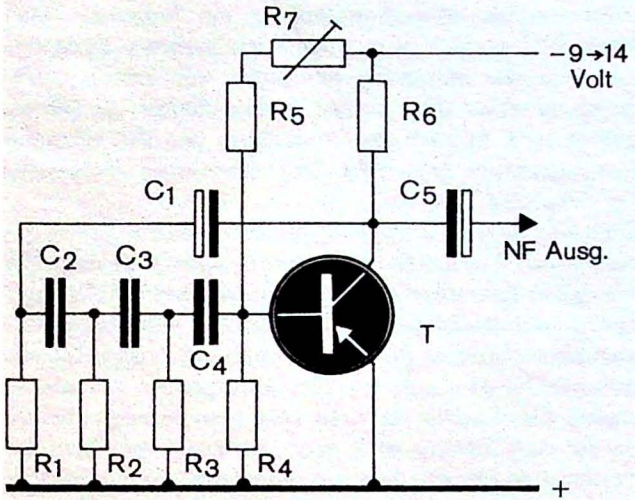
arbeiten im Niederfrequenzgebiet, im Schwingungsbereich unter 20 000 Hertz. Man braucht sie zu Prüfzwecken, z. B. zum Durchprüfen eines NF-Verstärkers, dem man anstelle eines Mikrofons einen NF-Generator bekannter Frequenz vorkoppelt und danach prüft, ob er diese Frequenz sauber und unverzerrt verstärkt. Man benutzt sie als Signalgeber, zur Sendermodulation bei der Telegrafie mit Tonmodulation, anstelle einer Klingel; man kann mit vielen auf verschiedene Töne abgestimmten NF-Generatoren ganze Musikinstrumente aufbauen. In der Fernsteuerung werden mit den Tönen von NF-Generatoren verschiedene Befehle drahtlos übertragen.

Bei den tiefen Frequenzen hat es aber eine ganze Zeit Schwierigkeiten bereitet, Schwingkreise als frequenzbestimmende Glieder zu benutzen.

Deshalb sind viele NF-Generatoren ohne Schwingkreise als sogenannte RC-Schaltungen konstruiert. Eine solche RC-Schaltung ist der Phasenschieber der Schaltung 16. Vor dem Arbeitswiderstand in der Kollektorleitung zweigt die Rückkopplungskette ab, die zu einem RC-Netzwerk aus drei Widerständen und drei gleichen Kondensatoren führt, die wiederum an die Basis des Transistors angeschlossen ist. In dieser Phasenkette findet eine Phasenverschiebung des NF-Signals statt. Der Grad der Phasenverschiebung ist frequenzabhängig. Entsprechend der Größe der verwendeten Widerstände und Kondensatoren wird eine ganz bestimmte Frequenz genau um 180 ° gedreht.

Für optimale Rückkopplung ist aber eine Phasendrehung des Signals zwischen Kollektor und Basis um 180 ° notwendig. Der Phasenschieber schwingt deshalb genau auf der Frequenz, bei der im RC-Netzwerk eine Phasenverschiebung um 180 ° eintritt. Bei den Dimensionen der Schaltung sind das ungefähr 1000 Hz. Grundsätzlich ist bei dieser Schaltung eine relativ hohe Spannungsverstärkung, mindestens 30fache, notwendig; schlechte Transistoren funktionieren in dieser Schaltung nicht.

Schaltung 16: RC-Phasenschiebergenerator
Einzelteilwerte für 1000 Hz



Widerstände
R 1 1,5 kΩ
R 2 1,5 kΩ
R 3 1,5 kΩ
R 4 10 kΩ
R 5 33 kΩ
R 6 3,9 kΩ
R 7 250 kΩ Einstellregler
Elektrolytkondensatoren
C 1 1 µF/15 V
C 5 1 µF/15 V

metallisierte Polyesterkondensatoren (z. B. Valvo C 281)
C 2 0,1 µF
C 3 0,1 µF
C 4 0,1 µF
Transistor
T AC 122 grün

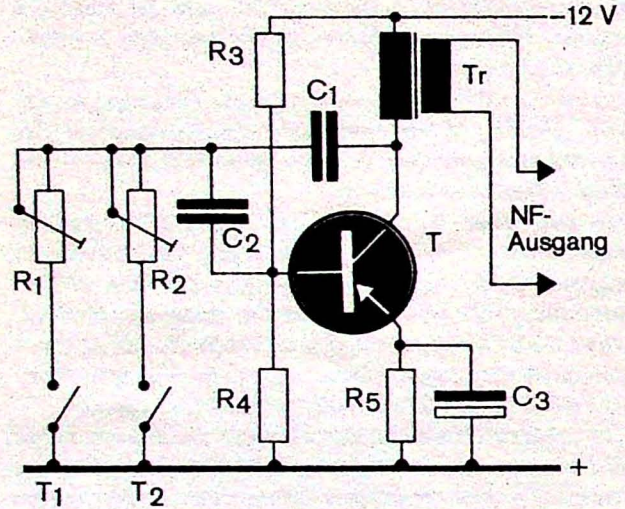
Die abgegebene Schwingungsfrequenz ist aber vollständig sinusförmig. Die Schaltung eignet sich daher gut als Prüfgenerator. 1000 Hz ist dafür eine sehr günstige Frequenz, die etwa dem Optimum der ebenfalls frequenzabhängigen Hörempfindlichkeit des menschlichen Ohrs entspricht.

Um die von dem Generator erzeugte Frequenz zu ändern, müssen die Widerstände und Kondensatoren der Phasenkette geändert werden: je kleiner ihre Werte, desto höher die Frequenz.

Man kann zwar durch Verändern eines Widerstandes (Potentiometer) (z. B. R 1 als Pot 2 kΩ) die Frequenz in engem Bereich variieren, doch wenn der eine Widerstand allzu sehr von dem Wert der anderen abweicht, nimmt die Schwingungsamplitude rasch ab. Für größere Frequenzänderungen müssen deshalb alle drei Kondensatoren und Widerstände geändert werden.

Eine wesentlich einfachere Möglichkeit, die erzeugte NF-Frequenz zu verändern, bietet der sogenannte Schumacher-Generator (von Hans Schumacher, München), Schaltung 17. Seine Frequenz kann in einem weiten Bereich durch Ändern eines Widerstandes (Potentiometer) variiert werden. Er ist kein reiner RC-Generator, denn er benötigt in der Kollektorleitung eine Induktivität; in der Praxis wird dafür ein Miniatur-NF-Transformator mit Ankopplungswicklung verwendet. Die Kopplungswicklung dient dann zur Auskopplung der NF. Die Phase wird hier über ein Glied aus zwei

Schaltung 17:
Phasenschiebergenerator nach Hans Schumacher; abstimmbar von 1000—1500 Hz



Widerstände
R 1 5 kΩ
R 2 2,5 kΩ
R 3 10 kΩ
R 4 6,8 kΩ
R 5 1 kΩ

Styroflexkondensatoren
C 1 10 nF/63 V
C 2 10 nF/63 V

Elektrolytkondensatoren
C 3 100 µF/15 V

Transistor
T OC 76

Transformator
Tr Trafo T 232 der Firma R. Reuter

gleichen Kondensatoren und einem Widerstand zwischen Kollektor und Basis gedreht. Die Größe des Widerstandes ist maßgebend für die Frequenz. Man kann sehr einfach zwei oder auch mehrere Potentiometer in der Schaltung anordnen, von denen wahlweise je einer über einen Tastenschalter an Masse gelegt wird. Je nach der Einstellung des betreffenden Potentiometers gibt dann der Generator wahlweise verschiedene Töne ab.

Dieser Generator arbeitet auch noch mit sehr leistungsschwachen Ausschuß-Transistoren, obwohl er natürlich mit guten Exemplaren besser funktioniert. Mit ausgesprochenen Hochfrequenz-Transistoren wird der durchstimmbare Frequenzbereich beträchtlich größer als mit üblichen NF-Transistoren. Die abgegebene Spannung dieses Generators ist nicht rein sinusförmig, obwohl sie für viele Zwecke eine absolut brauchbare Form der Wellenzüge hat. Die Frequenzkonstanz ist ausreichend, wenn die Schaltung sehr sauber aufgebaut und besonders die Betriebsspannung stabilisiert ist. Größere Betriebsspannungsänderungen führen jedoch unweigerlich zu Frequenzverschiebungen. Man kann deshalb diesen Generator, wenn er bei einer bestimmten Betriebsspannung auf eine bestimmte Frequenz eingestellt ist, zur Fernübertragung von Spannungswerten benutzen, z. B. indem der Generator einen Sender moduliert, dessen Modulationshöhe am Empfangsort mit einem Frequenzmesser angezeigt wird.

LC-Generatoren für Niederfrequenz

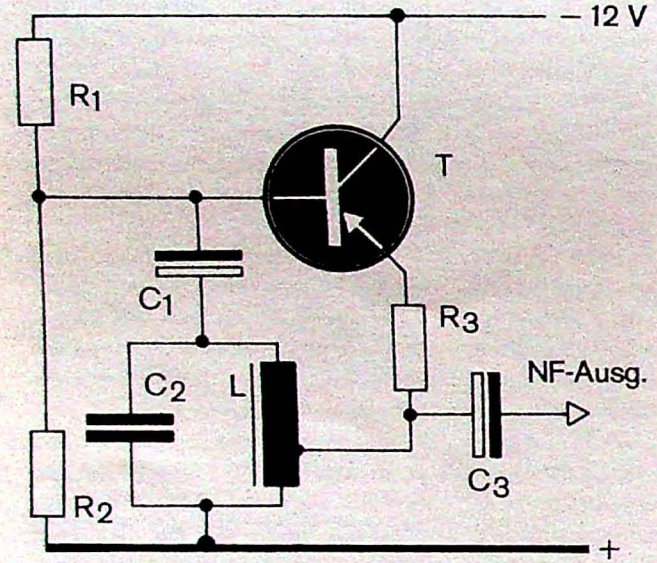
Wesentlich bessere Frequenzstabilität erreicht man mit LC-Generatoren, die auch bei stark veränderlichen Betriebsspannungen stehen und kaum temperaturabhängig sind, weil bei ihnen die Frequenz wie bei Hochfrequenzgeneratoren von einem Schwingkreis bestimmt wird. Für ausgesprochen tiefe Frequenzen sind sie jedoch nicht besonders gut geeignet, weil dann die in einem Ferrit-Schalenkern untergebrachte Spule außerordentlich viele Windungen braucht, also mit dünnem Draht gewickelt sein muß und hohe Verluste verursacht. Im übrigen aber sind die LC-Generatoren grundsätzlich den RC-Generatoren überlegen. Für gute Frequenzkonstanz empfiehlt es sich, als Schwingkreiskondensatoren beste Qualitäten, wie auf den Stücklisten angegeben, zu verwenden.

Es gibt verschiedene Ausführungsformen von LC-Generatoren, die im wesentlichen den Hochfrequenzoszillatoren entsprechen. Schaltung 18 ist eine Kollektorschaltung. Sie entspricht dem elektronisch gekoppelten Röhren-Oszillator, dem bekannten, in vielen Nachrichtensendern (Amateursendern) benutzten ECO.

Der Schwingkreis ist zwischen Masse und Basis des Transistors geschaltet. Er besitzt einen Abgriff, an den der Emitter des Transistors angekoppelt ist. Der Emitterstrom durchfließt deshalb einen Teil der Schwingkreisspule. Schwingspannungen im Kreis regen über die Basis die Schaltung zu weiteren Schwingungen an: Rückkopplung. Der Kopplungsgrad ist umso geringer — und möglichst geringer Kopplungsgrad ist immer erwünscht — je weiter der Emitter der Masse zu angezapft ist. Ausgekoppelt wird über einen Kondensator an der Anzapfung.

Die Schaltung wurde erstmals in der „Funkschau", Heft 7/62, von Klaus Bürgel veröffentlicht und wird

Schaltung 18: LC-Tongenerator in Kollektorschaltung; Angaben für 1000 Hz



Widerstände
R 1 27 kΩ
R 2 27 kΩ
R 3 1 kΩ
Elektrolytkondensatoren
C 1 10 µF/15 V
C 3 5 µF/15 V
Kondensatoren
Wima Tropyfol
C 2 0,068 µF

Transistor
T AC 12 gr.
Schwingkreisspule
Schalenkern 7x11 AL 260
eine Halbschale o. L.
eine Halbschale AL 160
L 1100 Wdg. 0,05 mm Cul
Anzapfung 370 Wdg.
vom kalten Ende

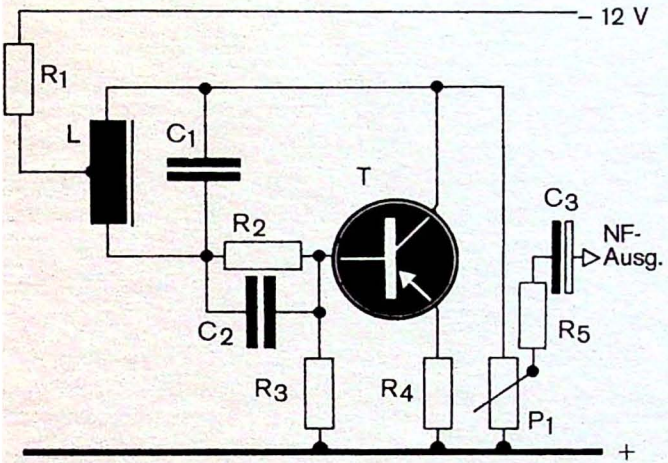
für die Tongeneratoren der Firma Blum benutzt. Sie kann auch — selbstverständlich in anders dimensioniertem Schwingkreis und Ankopplungskondensator an Basis — für variable Hochfrequenzgeneratoren benutzt werden. In diesem Fall ist dann ein Hochfrequenz-Transistor zu verwenden. Als Parallelkondensator benutzt man einen Drehkondensator. Interessenten an kleinen variablen Hochfrequenz-Oszillatoren sollten nicht versäumen, mit diesem Schaltungsprinzip Versuche anzustellen. Empfehlenswert ist dabei ein möglichst kleiner Koppelkondensator gegen die Basis.

Die Schaltung 19 entspricht der aus der Röhrentechnik bekannten Dreipunkt-Schaltung. Der Schwingkreis liegt zwischen Kollektor und Basis: 180 ° Phasendrehung für die Rückkopplung. Die negative Betriebsspannung wird an der Mittelanzapfung der Schwingkreisspule zugeführt. Der Basis-Spannungsteiler liegt zwischen dem unteren Ende der Gleichspannung führenden Schwingkreisspule und Masse; die Analogie zu dem Gitterwiderstand der Röhrenschaltung drängt sich hier auf.

Die ausgekoppelte NF-Spannung wird an einem Spannungsteiler mit einem Potentiometer zwischen Kollektor und Masse abgegriffen. Die praktisch besonders für Fernsteuersender viel verwendete Schaltung wurde durch Gert Hoyer bekannt und in NF-Generatoren der Firmen Engel und Reuter verwendet.

Kapazitive Spannungsteilung benutzt der LC-Genera-

Schaltung 19: LC-Tongenerator in Emitterschaltung; Schwingkreisdaten für 1000 Hz



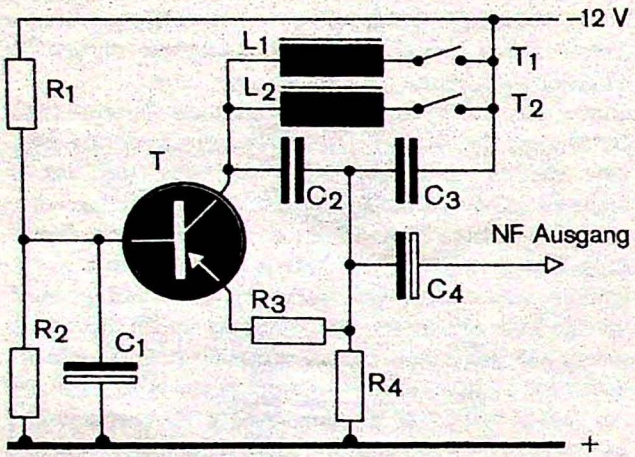
Widerstände
R 1 1 kΩ
R 2 27 kΩ
R 3 3,9 kΩ
R 4 470 Ω
R 5 27 kΩ
Potentiometer
P 1 50 kΩ Einstellregler

Kondensatoren
C 1 0,068 µF Wima Tropyfol
C 2 0,1 µF ker. Waffel
C 3 1 µF/15 V Elektrolyt-
Transistor
T AC 122 gr.
Schwingkreisspule
Schalenkern 7x11 AL 160
L 1300 Wdg. 0,05 mm CuI mit Mittelanzapfung

tor nach Schaltung 20 für die Rückkopplung. Der Transistor arbeitet hier in Basisschaltung. Ausgekoppelt wird am Emitter. Für die kapazitive Spannungsteilung ist die Schwingkreiskapazität in zwei in Reihe liegende Einzelkondensatoren aufgeteilt, zwischen denen die Rückkopplungsspannung abgegriffen wird.

Diese von Hans Schumacher erstmals beschriebene Schaltung, die von der Firma Reuter auch als Bausatz geführt wird, besitzt etwas, was die beiden anderen LC-Generatoren nicht bieten: mehrere wahlweise schaltbare Frequenzen an einer einzigen Schaltung. Das geschieht ganz einfach durch mehrere Kreisspulen, von denen, wie auf dem Schaltbild gezeigt, jeweils eine mit ihrem Schaltkontakt in die Schaltung gelegt werden kann. Selbstverständlich muß jede Induktivität so bemessen werden, daß sie zusammen mit der festen Kapazität die gewünschte Frequenz ergibt. Bei den beiden vorhergehenden Schaltungen ist die Anordnung mehrerer wahlweise einschaltbarer Induktivitäten in den Schwingkreis deshalb schlecht möglich, weil die Schwingkreise angezapft sind und deshalb auch die Anzapfleitungen umgeschaltet werden müßten. Das würde aber einen erheblichen Aufwand an Schaltern mit mehreren Kontakten erfordern, die wiederum für die Frequenzkonstanz nicht günstig wären. Bei den Schaltungen 18 und 19 braucht man deshalb für jede gewünschte Einzelfrequenz einen eigenen Generator.

Schaltung 20: LC-Tongenerator in Basisschaltung



Widerstände
R 1 47 kΩ
R 2 47 kΩ
R 3 180 Ω
R 4 15 kΩ

Kondensatoren
C 1 1 µF/15 V Elektrolyt-kondensator
C 2 0,1 µF/15 V Wima Tropyfol
C 3 0,1 µF/15 V Wima Tropyfol
C 4 1 µF/15 V Elektrolyt-kondensator

Transistor
T OC 74 grün

Schwingkreisspulen
in Schalenkern 8x14 AL 250
L 1 1200 Wdg. 0,06 mm CuI (Frequenz ... 1080 Hz)
L 2 1080 Wdg. 0,06 mm CuI (Frequenz ... 1320 Hz)

Tonfrequenz-Schaltstufe

Eine außerordentlich reizvolle und nützliche Schaltung ist die Tonfrequenz-Schaltstufe, Schaltung 21. Im Endeffekt ist es ein Schalter, der durch eine Schwingfrequenz betätigt wird. Die Schaltung reagiert nur auf eine einzige Frequenz, auf die ihr Schwingkreis abgestimmt ist; alle anderen Frequenzen haben auf sie keine Auswirkung. Sie arbeitet also selektiv.

Bei Ansteuerung mit der Resonanzfrequenz des Schwingkreises wirkt dieser als Sperrkreis, der Transistor wird zunächst schwach mit der Resonanzfrequenz durchgesteuert und verstärkt diese. In seinem Kollektor liegt eine hohe Induktivität, die Wicklung eines Relais, die eine Sperre für die Frequenz darstellt. Die verstärkte Schwingung wird deshalb über den Kondensator C 2 wieder auf den Schwingkreis zurückgekoppelt und verstärkt dessen Eigenschwingung. Dadurch ergibt sich wieder stärkere Durchsteuerung. Außerdem aber wird die am Schwingkreis stehende Frequenz an der Diode gleichgerichtet, und zwar so, daß sich eine negative Gleichspannung auf der Basis bildet. Dadurch steigt der Verstärkungsgrad des Transistors ebenso wie sein Kollektorstrom, so daß das

Relais anzieht. Wenn jedoch die ankommende Frequenz nicht der Resonanzfrequenz des Schwingkreises entspricht, reagiert die Schaltung nicht. Über den Kondensator an das untere Schwingkreisende findet dann keine Rückkopplung, sondern Gegenkopplung statt. Es kommt zu keiner Aufschaukelung der Schwingspannung und damit auch nicht zu einer Aussteuerung des Transistors.

Die Schaltung ist sehr trennscharf und außerordentlich empfindlich: schon wenige hundertstel Volt der Resonanzfrequenz genügen, um den Transistor voll zu öffnen. Wenn mehrere solche Schaltstufen parallel an einer Übertragungsleitung liegen (auf der Schaltzeichnung sind zwei weitere angedeutet), so können über eine einzige NF-Leitung über große Entfernungen verschiedenartige Befehle zum Steuern von Motoren usw. durchgegeben werden, ganz einfach dadurch, daß für jeden Befehl eine Resonanzfrequenz einer der verschiedenen Schaltstufen benutzt wird.

Praktisch angewendet wird die Schaltung in großer Zahl zur Frequenztrennung und Relais-Schaltung in Fernsteuerempfängern, aber auch, was weniger bekannt sein dürfte, zum automatischen Aus- und Einschalten des Stereo-Decoders in modernen Stereo-Hi-Fi-Empfängern von Grundig. Zuerst beschrieben wurde sie von Hans Schumacher, der sie auch in seinen Fernsteuergeräten anwandte.

Widerstände

Rv	12–39 kΩ je nach Ansprechempfindlichkeit
R 2	560 kΩ
R 3	4,7 kΩ NTC (Valvo)

Kondensatoren

CT	0,1 µF Wima Tropyfol
C 2	0,25 µF/15 V Elektrolytkondensator

Diode

D	OA 91

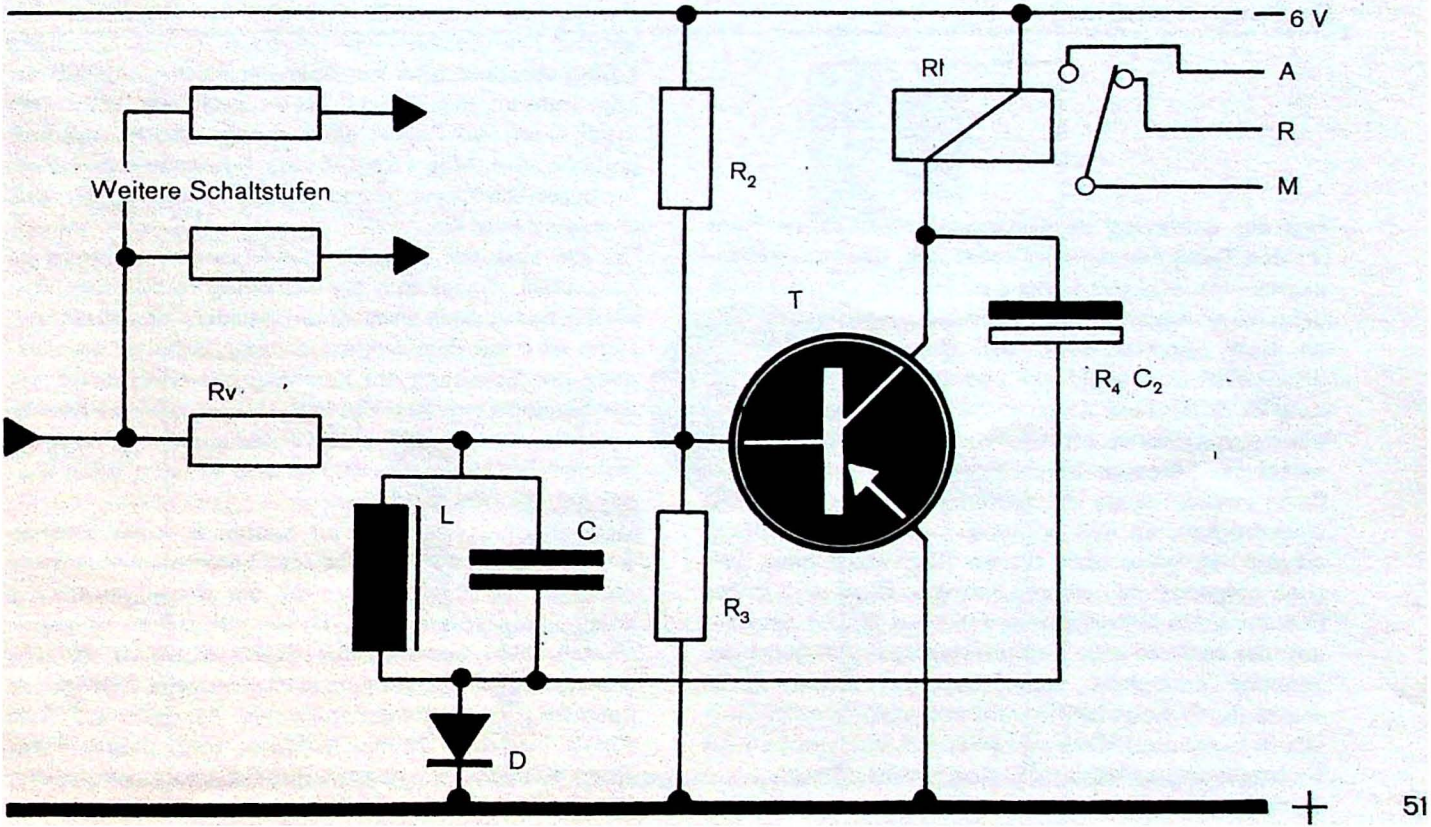
Transistoren

T	OC 74 grün oder AC 152 V

Relais
185 Ω oder 300 Ω mit einem Umschaltkontakt, Fabrikat: Gruner oder Kaco

Schwingkreisspule
LT 395 Wdg. 0,09 mm CuI in Schalenkern 7 II o. L. 50 mH
LT und CT sind für eine Frequenz von 1080 Hz bemessen

Schaltung 21: Tonkreisschaltstufe



Tonselektiver Empfängernachsatz für Telegrafieempfang

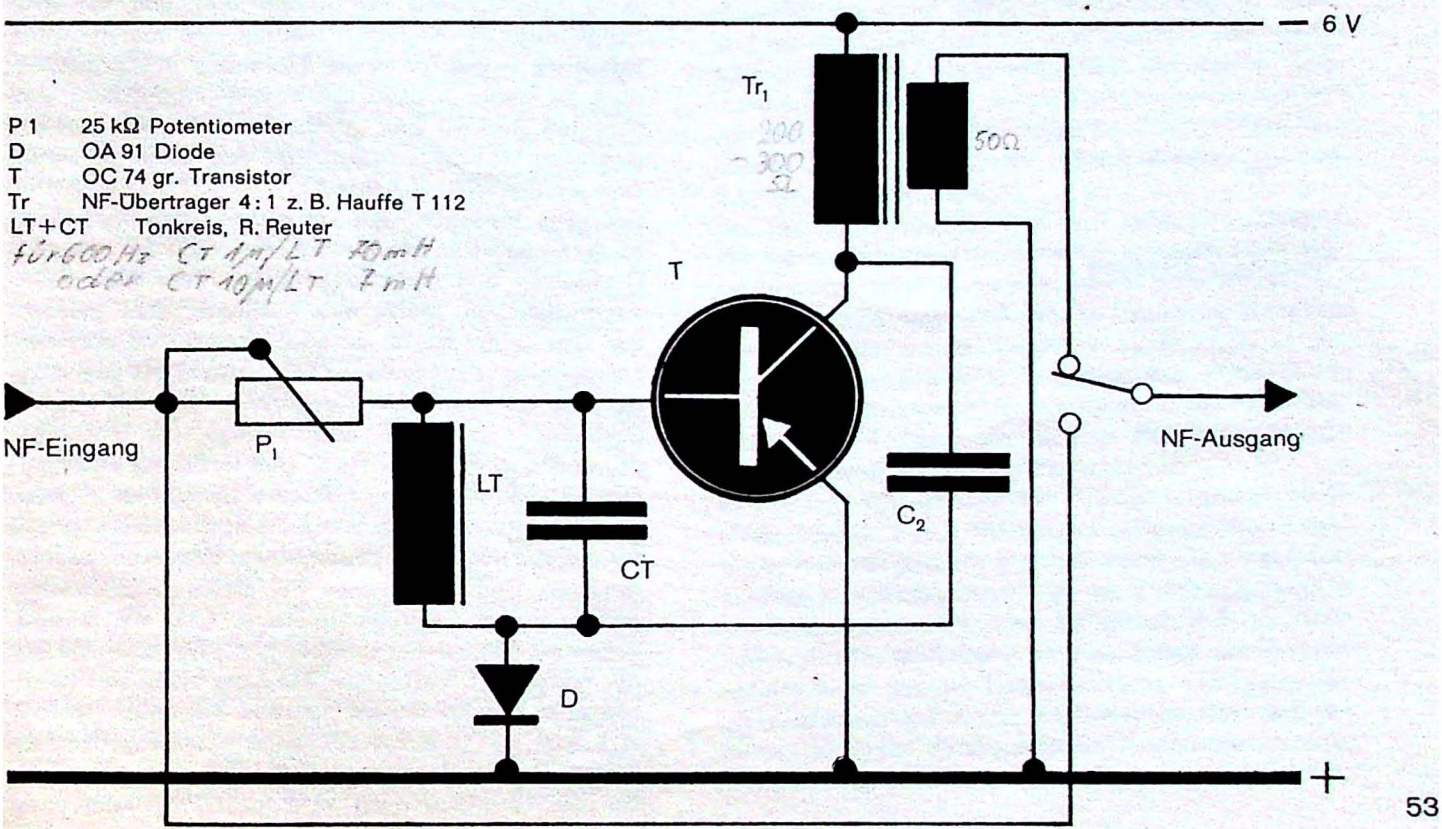
Aus der Schaltung 21 wurde ein tonselektives Filter für den Telegrafieempfang entwickelt, das Kurzwellenempfängern nachgeschaltet wird und fähig ist, bei stark gestörtem Empfang die gewünschten Telegrafiezeichen so stark hervorzuheben, daß die gesamten Hintergrundgeräusche praktisch verschwinden. Die Schaltung 22 trennt noch Zeichen, deren Frequenz nur zwei oder drei Dutzend Hz auseinander liegen, und kann selbst ein störendes Zeichen, das an sich mit viel größerer Lautstärke als das gewünschte ankommt, kräftig unterdrücken, so daß praktisch noch klarer Empfang möglich ist, wenn ohne dieses Filter kaum mehr Zeichen aufgenommen werden könnten. Dazu wird in der Schaltung ein Schwingkreis von etwa 600 Hz verwendet, der dadurch eine Zeichenwiedergabe in günstiger Tonhöhe ermöglicht. Das Relais der Schaltung 22 wurde durch einen NF-Kleintransformator ersetzt. Sein Übertragungsverhältnis soll etwa 4 : 1 betragen; an die niederohmigere Wicklung kommt der Kopfhörer.

Beim Empfang wird mit dem Überlagerungsoszillator (BFO) des Empfängers die Tonhöhe der empfangenen Zeichen so eingestellt, daß sie der Resonanz entspricht. Die Zeichen werden dann in der Schaltung kräftig verstärkt, aber nur eben die Zeichen mit 600 Hz; alle anderen Frequenzen fallen praktisch unter den Tisch, wenn der Regler am Eingang nicht zu weit aufgedreht wird. Man regelt dieses Potentiometer einmal für beste Trennschärfe und relative Anhebung der Zeichenlautstärke ein.

Da nun aber der gesamte Hintergrund des Empfangs herausfällt, eignet sich die Schaltung nicht, wenn man die Frequenz nach bestimmten Sendern absuchen will. Dann wird mit dem eingezeichneten Schalter am Ausgang der Schaltung der Empfängerausgang direkt auf den Kopfhörer gelegt. Hat man die gewünschte Station erwischt und empfiehlt sich Zeichenanhebung, so dreht man am BFO auf etwa 600 Hz und schaltet dann wieder auf die Stellung Filter.

Das Hilfsgerät, das man am besten an einer eigenen 6-Volt-Stromquelle betreibt (der Filterumschalter kann natürlich mit dem Schalter für die Betriebsspannung kombiniert werden), hat sich im praktischen Amateur-Verkehr sehr bewährt. Die Resonanz-Kurve ist sehr scharf. Bei 600 Hz Schwingkreis-Frequenz beträgt die optimale Übertragungsbandbreite, bezogen auf 6 db Abfall, nur rund 30 Hz. Trotzdem zeigt dieses Filter keine Klingelneigung, weil die Schaltung schon vom Prinzip her nicht zum Selbstschwingen neigt.

Schaltung 22: Selektives Tonfrequenzfilter



P 1 25 kΩ Potentiometer
D OA 91 Diode
T OC 74 gr. Transistor
Tr NF-Übertrager 4 : 1 z. B. Hauffe T 112
LT + CT Tonkreis, R. Reuter
für 600 Hz CT 1 µ/LT 70 mH
oder CT 10 µ/LT 7 mH

Transistor-Zündung

Eine Transistor-Zündung nach Schaltung 23 kann in jedes Kraftfahrzeug mit Benzinmotor und normaler Zündeinrichtung eingebaut werden. Die hier gezeigte Schaltung wurde in einem Mercedes 220 S ausprobiert, in vielen hundert Exemplaren nachgebaut und läuft seit längerer Zeit in vielen Kraftfahrzeugen. Sie unterscheidet sich praktisch nicht von vielen gekauften Anlagen ähnlicher Schaltung.

Das, was Hersteller von Transistor-Zündungsanlagen so gerne betonen, nämlich besserer Lauf bei höchsten Drehzahlen und Spritersparnis bei sehr hohen Geschwindigkeiten, macht sich praktisch nicht bemerkbar. Der Grund hierfür ist sehr einfach: Mit normalen Fahrzeugen, vom Mercedes 600 abwärts bis zum Goggomobil, hat man kaum Gelegenheit, mehr als 5% der gesamten Fahrstrecke eines Jahres mit Höchstgeschwindigkeit zurückzulegen. Und in diesen 5% Fahrstrecke kann sich keine Ersparnis bemerkbar machen.

Die Transistor-Zündung bringt etwas ganz anderes und für den Kfz.-Normalverbraucher viel Entscheidenderes: runderen Lauf des Motors bei niederen Drehzahlen und knappere Leerlaufeinstellung. Und sie erlaubt, immer mit optimal eingestellter Zündung zu fahren. Mit der normalen Unterbrecher-Zündung bleibt der Zündzeitpunkt nur für wenige tausend Kilometer optimal, weil sich die Unterbrecherkontakte unweigerlich abnützen. Bei der Transistor-Zündung tun sie das nicht.

Bei der Normalzündung wird im Zündzeitpunkt der

Strom zwischen Pluspol der Batterie des Wagens und Minuspol, dem Chassis, über die Primärwicklung der Zündspule — die nichts anderes als ein Hochspannungstransformator ist — durch die Kontakte dieses Unterbrechers schlagartig unterbrochen. In der Primärwicklung der Zündspule entsteht dadurch eine Induktionsspannung von etwa 300 V. Sie wird in der Sekundärwicklung auf etwa 15 000 V für die Zündkerzen hinauftransformiert.

Bei der Transistor-Zündung ist das Prinzip praktisch gleich, aber die Stromunterbrechung erfolgt durch einen Leistungstransistor. Er arbeitet als kontaktloser Schalter. Erhält er über den Unterbrecher Basisspannung, so läßt er den Primärstrom fließen.

Öffnet der Unterbrecher, so schließt der Transistor schlagartig, aber ohne jeden Funken. Die Unterbrecherkontakte steuern nur noch den Basisstrom des Transistors, und der ist so gering, daß an den Kontaktflächen keine Lichtbogen mehr auftreten können. Kontakte nützen sich deshalb nicht mehr ab und der eingestellte Zündzeitpunkt bleibt erhalten.

Die bei der Normalzündung entstehenden Lichtbogen an den Unterbrecherkontakten verzögern das Abreißen des Primärstroms, besonders wenn sie bei niedrigen Tourenzahlen langsam abheben. Dies macht bei Normalzündung in den niedrigen Drehzahlen die Zündung nicht so exakt und führt zu stark abfallender Zündspannung unterhalb von etwa 1000 Umdrehungen des Motors. Bei der Transistor-Zündung gibt es das nicht. Weiterhin aber kann man durch Leistungstransistoren einen sehr viel höheren Primärzündstrom schikken als über die Unterbrecherkontakte. Die halten höchstens 3 bis 4 Amp. aus, wenn sie nicht in sehr rascher Zeit verbrennen sollen. Der Leistungstransistor verträgt aber rund das Doppelte, bis 7 Amp. Der höhere Zündstrom bedeutet höhere Zündenergie und kräftigeren Zündfunken.

Bei der Transistor-Zündung kann man den Abstand der Elektrodenkerzen bedenkenlos auf etwa 1 mm aufbiegen: die Verbrennung wird besser eingeleitet.

Das Schaltbild zeigt, daß bei der Transistor-Zündung der Schalttransistor an derselben Stelle liegt, an der bei Normalzündung der Unterbrecher den Primär-Zündstromkreis zwischen Plus und Minus unterbricht. Der Widerstand R dient zum raschen Abbau der Basisspannung beim Öffnen der Kontakte.

Es hat sich gezeigt, daß bei dem verwendeten Transistor AUY 22 dieser Widerstand beliebige Werte zwischen etwa 50 und 200 Ω haben kann. Der Transistor arbeitet in Kollektorschaltung, die Zündspule liegt in der Emitterleitung. Das hat den Vorteil, daß der Transistor, dessen Metallgehäuse zum Zweck der Wärmeabfuhr direkt mit der Kollektorleitung verbunden ist, ohne Isolation auf einem Kühlblech montiert werden kann, das an der Metallmasse des Wagens verschraubt wird. Die Zenerdiode zwischen Kollektor und Emitter-

anschluß dient dazu, Spannungsspitzen über 70 V zwischen Kollektor und Emitter zu beschneiden, so daß die maximale Kollektor-Emitterspannung nicht überschritten werden kann. Zu der Zenerdiode liegt ein kleiner Kondensator parallel, der Schwingneigungen verhindert. Allzu wichtig ist er nicht.

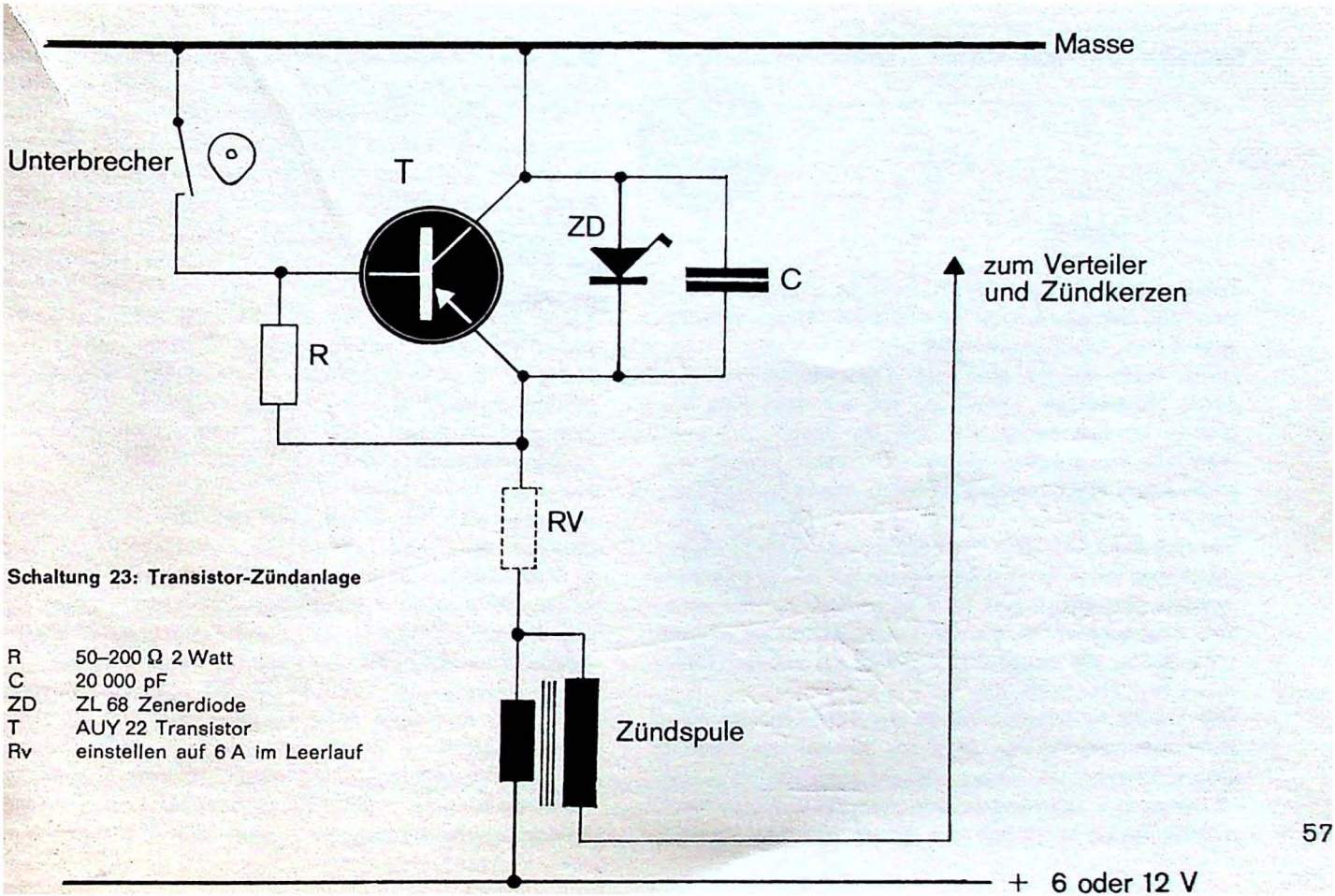
Die Musterausführung dieser Schaltung wurde auf einem Aluminium-Winkel montiert, auf dem der Transistor zur Wärmeabfuhr fest verschraubt wurde. Der Winkel selbst wurde dann kurzerhand an einer Halteschraube des Heizungs-Luftsiebs befestigt, und die Anlage wurde so über mehrere 1000 Kilometer anstandslos betrieben. Es besteht keine Gefahr, daß der Transistor überhitzt, wenn der Primärstrom bei Motorleerlauf etwa 7 Amp. nicht übersteigt und der Transistor nicht direkt der Strahlungshitze des Motors ausgesetzt ist.

Bei 12-V-Anlagen muß in den Primärstromkreis der gestrichelt angedeutete Vorwiderstand eingefügt werden. Er hat etwa ein Drittel Ohm und wird mit Widerstandsdraht auf einen Keramik-Isolierkörper gewickelt. Die Einregelung des Primärstroms kann über diesen Widerstand erfolgen. Auf den genauen Kontaktabstand des Unterbrechers kommt es bei Transistor-Zündung nicht mehr an: auch durch Verkleinern oder Vergrößern des Kontaktabstandes kann bei Leerlauf der Primärstrom geregelt werden. Allerdings muß nach Veränderung des Kontaktabstands der Zündzeitpunkt wieder nachgeregelt werden. Der Funkenlöschkondensator parallel zu den Anschlüssen des Unterbrechers hat bei der Transistorzündung keine Bedeutung mehr. Er verzögert aber die Funktion und läßt keine hohe Zündspannung zu: er muß weg.

Die Transistor-Zündung ist jedoch sinnlos, wenn nicht auch eine geeignete Zündspule in einem Übersetzungsverhältnis von 1: 250 bis 1: 400 verwendet wird. Entweder nimmt man eine ölgefüllte Zündspule, z. B. Lukas Typ Sport, die sich leicht öffnen läßt, und von deren Primärwicklung, die außen am Wicklungspaket liegt, zwei Drittel der Primärwindungszahlen abgewikkelt werden, oder man kauft sich eine Bosch-Transistor-Zündspule. Die hat ein Übersetzungsverhältnis von 1: 250 und ist an sich für eine Transistor-Zündung mit zwei hintereinander liegenden Transistoren ausgelegt. Sie kann jedoch ohne weiteres für die beschriebene Schaltung verwendet werden. Am Verteilersystem des Wagens muß nichts geändert werden.

Nicht zu empfehlen ist Transistor-Zündung bei Kraftfahrzeugen mit speziellen Zündanlagen, wie z. B. beim Drei-Zylinder-DKW, der mit drei Verteilerkontakten und drei einzelnen Zündspulen arbeitet und so den Verteiler einspart. Hier müßten drei einzelne Transistor-Zündungen verwendet werden. Das rentiert sich natürlich nicht.

Transistor-Zündung erleichtert die Entstörung der Zündanlage für Autoempfänger.



Schaltung 23: Transistor-Zündanlage

R	50–200 Ω 2 Watt
C	20 000 pF
ZD	ZL 68 Zenerdiode
T	AUY 22 Transistor
Rv	einstellen auf 6 A im Leerlauf

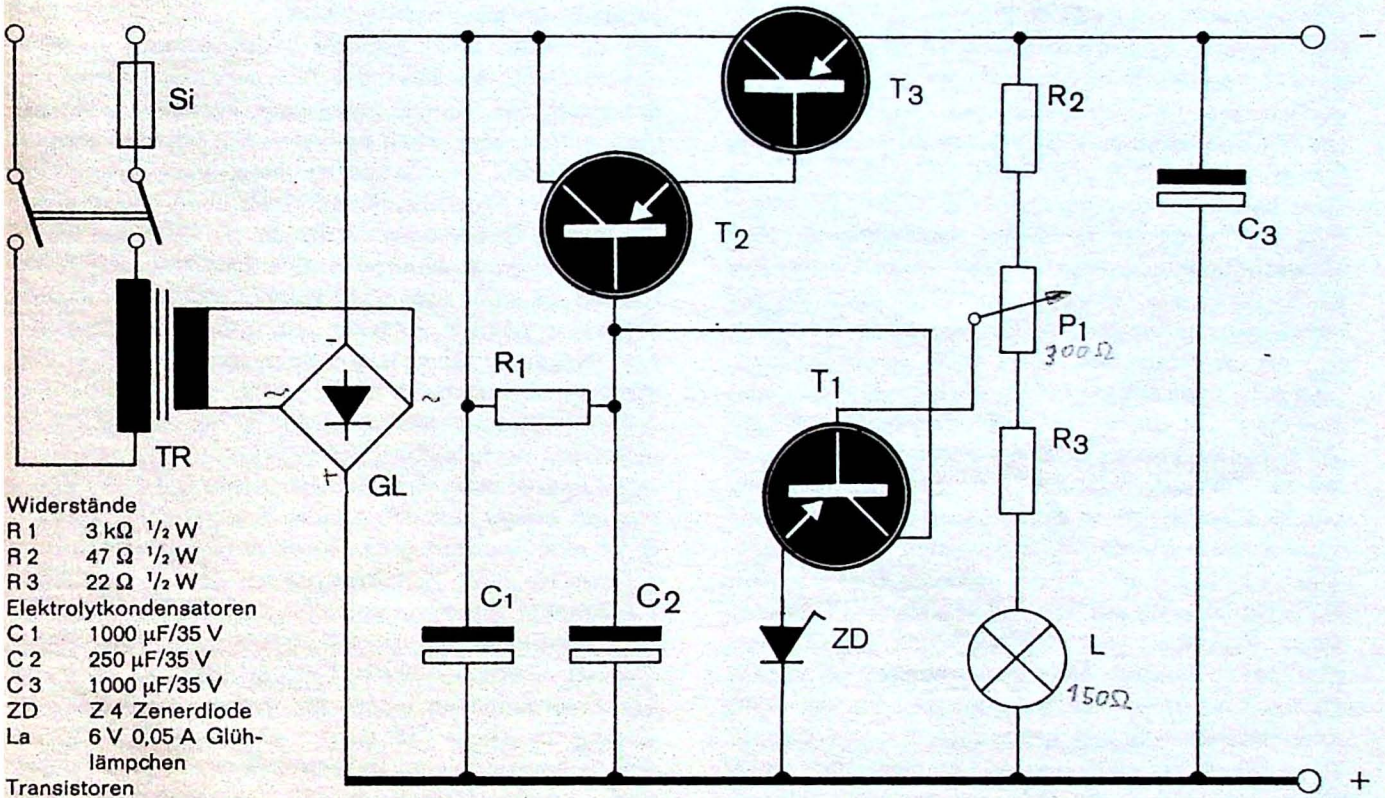
Stabilisiertes Netzgerät für Transistorschaltungen

Transistorschaltungen werden zwar im allgemeinen aus Batterien betrieben, weil sie meist für Geräte verwendet werden, die transportabel sind.

Immer mehr werden aber auch Transistoren in stationären Schaltungen verwendet, die aus dem Netz betrieben werden sollen, wie z. B. die Gegensprechanlage. Mit Transistoren lassen sich relativ einfach voll stabilisierte Netzanschlußgeräte für niedrige Spannungen aufbauen.

Die Schaltung 24 zeigt ein solches stabilisiertes Netzgerät, das mit einem Potentiometer auf beliebige Spannungen zwischen 6 und 18 V eingestellt werden kann. Bei Stromentnahme bis zu einem Maximalwert von 0,5 A bleibt die abgegebene Spannung auf Bruchteile eines Prozents konstant.

Die Schaltung arbeitet mit einem Netztrafo und einer Sekundärwicklung von 24 V, an die ein Gleichrichter angeschlossen ist. Hinter diesem folgt der Ladekondensator C 1. Bis hierher unterscheidet sich das Netzanschlußgerät in nichts von einem üblichen Netzteil. Statt einer Drossel oder eines Siebwiderstandes enthält die Schaltung jedoch den Leistungstransistor AUY 22, dessen Widerstand automatisch immer so eingeregelt wird, daß die abgegebene Spannung entsprechend der Belastung völlig konstant bleibt. Das wird durch einen zweistufigen Gleichstromverstärker besorgt. An dem Spannungsteiler R 2, R 3 und R 4 wird mit dem Pot 3 eine bestimmte Spannung abgegriffen und der Basis von TF 78 zugeführt. Im Emitter dieses Transistors liegt die Zenerdiode Z 4, die eine konstante Vergleichsspannung von 4 V liefert. Der Transistor TF 78 zieht erst Strom, wenn an R 3 eine etwas größere Spannung als 4 V abgegriffen wird. Je nach dem Kollektorstrom von TF 78 bildet sich an dessen Kollektorwiderstand R 1 eine Steuerspannung für den Transistor TF 80. Je mehr der TF 78 Strom zieht, umso niedriger wird die Steuerspannung des TF 80. Umso geringer aber wird wieder die Steuerspannung des AUY 22, dessen Innenwiderstand dadurch steigt: der Leistungstransistor bremst einen Spannungsanstieg an den Ausgangsklemmen des Geräts ab. Werden diese Ausgangsklemmen stärker belastet, so fällt an R 3 die Steuerspannung für den TF 78, die Steuerspannung des TF 80 wird über R 1 negativer, der AUY 22 wird weiter geöffnet: er liefert Strom nach, so daß tatsächlich die Klemmenspannung trotz größerer Belastung nicht absinken kann. Ein solches Netzgerät ist also fast belastungsunabhängig. Es eignet sich nicht nur zur



Widerstände
R 1 3 kΩ ½ W
R 2 47 Ω ½ W
R 3 22 Ω ½ W
Elektrolytkondensatoren
C 1 1000 µF/35 V
C 2 250 µF/35 V
C 3 1000 µF/35 V
ZD Z 4 Zenerdiode
La 6 V 0,05 A Glühlämpchen
Transistoren
T 1 TF 78
T 2 TF 80/30
T 3 AUY 22

Tr Netztrafo 220/24 V 1 A o. ä., handelsüblich
Gl Gleichrichterbrücke 25 V 1,5 A

Stromversorgung für Experimentierzwecke, bei denen man ein ganz bestimmtes Spannungsniveau einstellen kann, sondern auch als Netzgerät für dauernd betriebene Geräte, wie z. B. Alarmanlagen oder Geräte mit wechselndem Stromverbrauch, wie Gegensprechanlagen, die zwar dauernd eingeschaltet sind, aber nur bei Benutzung kurze Zeit viel Strom verbrauchen.

Ganz besonders empfehlenswert ist solch eine Schaltung als Ladegerät für kleine Akkumulatoren. Gewünschte Ladespannungen können eingestellt werden, sei es zum Laden eines 4- oder 12-V-Akkus. Da die Ladespannung konstant ist, kann so geregelt werden, daß ein Überladen des Akkus völlig vermieden wird. Man stellt dann einfach auf die höchst zulässige Ladespannung. Die beträgt bei einem Blei-Akku pro Zelle 2,6 V. Für die Ladung eines 6-V-Klein-Akkus wird also mit dem Meßinstrument an Pot R 3 eine Ladespannung von 7,8 V eingestellt. In die Zuleitung zur Batterie muß ein Vorschaltwiderstand gelegt werden, der den Ladestrom zu Anfang der Ladung begrenzt. Dieser Widerstand richtet sich nach dem gewünschten Anfangsladestrom. Sein Wert liegt zwischen 5 und 100 Ω. Wenn jetzt der zu ladende Akku angeschlossen wird, fließt zunächst ein relativ hoher Ladestrom, bis der Akku eine gewisse Kapazität gespeichert hat und dadurch seine Spannung gestiegen ist. Je mehr aber seine Ladespannung ansteigt, umso geringer wird der Ladestrom. Das entspricht ganz genau der Ladeart, die für einen Blei-Akku vorgeschrieben ist und auch einem Nickel-Eisen-Akku nicht schadet.

Hat der Akku seine höchste Ladespannung erreicht, nämlich 7,8 V, so kann das Netzgerät der Klemmenspannung des Akkus gegenüber keinen Ladestrom mehr liefern, auch wenn es nicht ausgeschaltet wird.

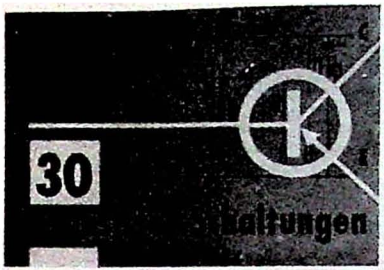
Ein Überladen des Akkus ist daher unmöglich. Wird z. B. in einer Experimentierwerkstatt ein größerer Akku von 6 V als Stromquelle verwendet, so kann das stabilisierte Netzgerät dauernd an den Akku angeschlossen bleiben. Es wäre zwar nicht in der Lage, den vollständig leeren Akku in kürzerer Zeit aufzuladen, aber sobald dem Akku Strom entnommen wird, setzt über das stabilisierte Netzgerät die Ladung wieder ein, und wenn die Stromentnahme größer ist als das Netzgerät momentan nachzuliefern vermag, wird in der nächsten Arbeitspause oder der nächsten Nacht der Akku automatisch wieder auf seine volle Kapazität aufgeladen. Solch eine Anordnung ist überall dort empfehlenswert, wo man für kurze Zeit auch höhere Ströme bis 6 oder 8 A benötigt, die allein der Akku zu liefern vermag.

Bei dauerndem kleinen Stromverbrauch oder wechselndem Stromverbrauch für den Betrieb normaler Transistorgeräte ist jedoch ein Puffer-Akku nicht notwendig. In jedem Fall ist das stabilisierte Netzgerät eine Schaltung, deren Aufbau sich lohnt, wenn regelmäßig niedere Spannungen für Transistorschaltungen benötigt werden.

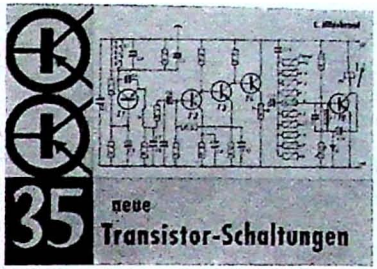
Register

	Teil/Seite
Abhörgerät	3/22
Astabile Kippschaltung	2/66
Astabiler Multivibrator	6/30
Automatische Ladevorrichtung	3/78
Automatische Temperaturregelung	6/32
Belichtungszeitschaltung für Vergrößerer	3/40
Bistabile Kippschaltung	2/64
Bistabiler Multivibrator	6/26
Blinkanlage mit Transistoren	1/76
Blinker	6/40
Blinker mit Blitzlampe	3/46
Diodenempfänger	1/20
Diodenempfänger hoher Klanggüte	2/36
Doppel-T-Filter	4/56
Drehstrom-Generator	3/52
Drehzahlmesser	1/78
Drehzahlmesser für Kraftfahrzeuge	6/74
Drei-Transistor-Super	1/30
Durchstimmbarer Schwebungssummer 0—20 kHz in einem Bereich	4/26
Durchstimmbarer Schwebungssummer in drei Bereichen	4/24
Einfaches Frequenzmeßgerät	4/34
Einfache Lichtschranken	3/30
Eintaktzerhacker für hohe Ausgangsspannung 12 kV	6/58
Eisenlose Endstufe mit künstlicher Treiberinduktivität	5/25
Eisenlose Endstufe 120 mW	6/72
Eisenloser Verstärker	5/22
Elektrisches Auge	1/74
Elektronisches Blitzgerät	2/30
Elektronisches Fotoblitzgerät	6/64
Elektronische Sicherung	3/60
Elektronisch stabilisierte Spannungsquelle	4/8
Elektronischer Weidezaun	2/72
Elektronischer Zeitschalter 0—2 Min.	6/8
Empfindlicher Niederfrequenzverstärker	1/48
Endstufe in Gegentaktschaltung	2/46
Endstufe mit geringem Ruhestrom	1/44
Endstufe mit gleitender Verstärkung	1/36
Feldstärkemesser	2/58
Fernsteuer-Empfänger	2/60
Fernsteuersender	2/54
Fernsteuersender mit npn-Transistoren	3/24
Fernsteuer-Super	3/26
Foto-Transistorschaltung	3/32
Frequenzmesser	2/22
Frequenzteiler	3/56
Gegentaktendstufe mit eisenlosem Ausgang	1/46
10-Watt-Gegentakt-Endstufe	5/21
Gegentaktwandler mit 220-Volt-Ausgang	3/48
Gegentakt-Gleichspannungswandler	2/26
Gegentaktwandler für Sinusausgang 50 Watt, 220 Volt	6/54
Gegentaktzerhacker für 220 Volt, 100 Watt	6/56
Geiger-Müller-Indikator	1/60
Geiger-Müller-Zählgerät	2/34
Generator mit Transistoren	2/20
Geregeltes Netzgerät 6—12 Volt/0,5 A	6/16
Gleichspannungswandler für 3/1000 Volt	1/52
Gleichspannungswandler 6/70 Volt	1/54
Gleichspannungswandler in Gegentaktschaltung	1/58
Gleichspannungswandler mittlerer Leistung bis 5 W mit Glättung	1/56
Gleich- und Wechselstrommessung	3/76
Glimmlampen-Prüfer	2/28
Hochempfindlicher Verstärker	3/18
Hochohmige Eingangsstufe	4/44
Hochspannungsgenerator 6 kV	6/60
Hörhilfe	1/50
Induktiver Annäherungsschalter	6/44
Kapazitiver Ölstandsmesser	6/76
Kapazitiver Tongenerator	1/68
Kleine Sprechanlage	5/19
Kleiner Gleichspannungswandler	2/24
Kleines NF-Universalmeßgerät	4/42
Kondensatormeßgerät	4/38
Kraftschalter	3/62
Kurzwellenempfänger in Dreipunktschaltung	1/26
Kurzwellenempfänger mit kapazitiver Rückkopplung	1/24
Lautstärke- und Klangregelung	5/30
LC-Meßgerät mit Quarzoszillator	4/40
LC-Tongenerator in Basisschaltung	5/48
LC-Tongenerator in Emitterschaltung	5/47
LC-Tongenerator in Kollektorschaltung	5/46
LC-Sinusoszillatoren	4/20
Lichtausfallsicherung	3/38
Lichtregelung	3/36
Lichtsteuerung	3/34
Lineare Anzeige für Wechselstrom	4/48
Magnetempfindliche Schaltung mit Hallgenerator	6/78
Mikrofonverstärker	6/66
Mischer mit niederohmigen Eingängen	2/52
Monostabile Kippschaltung	2/60
Multivibrator	1/70
Multivibrator mit npn-Transistor	3/70

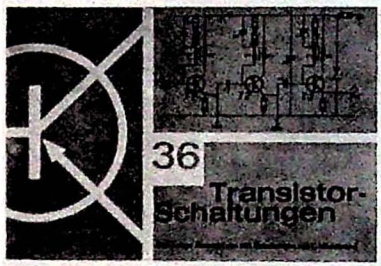
	Teil/Seite
Nachlaufsteuerung	3/58
Netzbatterie	4/14
Netzgerät für konstanten Strom 450—700 mA	6/18
NF-Frequenzmesser	4/36
NF-Verstärker	5/10
NF-Verstärker 3 Watt	6/70
NF-Verstärker zum Schwebungssummer	4/28
„Oder"-Schaltung	6/20
Oszillator — RC-Generator	3/74
Oszillatoren für 25—30 MHz	5/36
Oszillator für Mischstufen im 10-m-Amateurband	5/37
Periodischer Schalter mit Komplementärtransistoren	6/38
Phasenschieber	2/18
Phasenschieber-Generator nach Hans Schumacher	5/44
Prüfgenerator mit Transfilter	3/72
Quarzgesteuerter Prüfsender	1/64
Quarzoszillator für 27 MHz	5/39
Ratiodetektor für 10,7 Hz mit Treiberstufe	2/44
RC-Generator für 3 Hz bis 30 kHz	4/30
RC-Generator 10 Hz bis 20 kHz	4/32
RC-Generator mit Doppel-T-Filter	4/58
RC-Phasenschieber-Generatoren	4/22
RC-Phasenschieber-Generator für 1000 Hz	5/43
Rechteckgenerator mit konstanter Ausgangsfrequenz	6/48
Reflexempfänger	3/10
Regelbares Netzgerät 5,5—15 Volt/0,6 A	6/14
Regelschaltung	2/68
Relaisschaltung durch Licht	1/72
Ringschaltung mit Relais	3/54
Rückkopplungsempfänger	1/22
Rückkopplungsempfänger für Mittelwelle	3/8
Schmitt-Trigger	6/24
Schmitt-Trigger als Temperaturschutzschalter	4/54
Selektiver NF-Signalverfolger	4/62
Selektives Tonfrequenzfilter	5/53
Selektiver Verstärker mit Doppel-T-Filter	4/60
Serienstabilisierung mit Transistoren	3/64
Sklavenblitz	2/32
Spannungskontrolle mit Glühlampe	4/52
Speisegerät 11 Volt/0,2 A	6/12
Stabilisiertes Netzgerät mit kleinem Innenwiderstand	4/10
Stabilisierendes und strombegrenzendes Netzteil	4/12
Stabilisiertes Netzgerät	5/58
Stabilisierungsschaltung bis 10 A	3/66
Strahlungsanzeige-Gerät	6/62
Temperaturmeßgerät	6/36
Temperaturregler	2/74
Temperaturregelung mit PTC-Widerstand	6/34
Thermo-Schalter	3/44
Tonbandgerät	3/28
Tongenerator	2/56
Tongenerator	6/46
Tonkreisschaltstufe	5/51
Tonmodulierter Prüfoszillator	1/62
Trafoloser Verstärker	2/48
Transistor-Gegentaktverstärker	5/17
Transistor-Grundschaltungen	5/7
Transistor-Millivoltmeter	4/46
Transistor-Netzanschlußgerät	2/76
Transistor-Ohmmeter	2/16
Transistorprüfgerät	2/10
Transistor-Prüfgerät	4/6
Transistor-Sender, 200 mW, für 27 bzw. 30 MHz	5/41
Transistorsuper hoher Leistung mit Schwundausgleich	1/32
Transistor-Super mit Transfiltern	3/12
Transistor-Summer	1/66
Transistor-Taschenempfänger	2/38
Transistor-Tester	4/4
Transistor-Tonbandverstärker	2/50
Transistor-Voltmeter	2/12
Transistor-Voltmeter	4/50
Transistor-Zündanlage	5/54
Treiber mit Endstufe	1/42
Überstromschutzschalter	3/68
UKW-Super	2/40
„Und"-Schaltung	6/22
Untersetzer 4:1	6/28
Verstärker und Endstufe	1/34
400-mW-Verstärker mit Gegentaktendstufe	1/38
2-Watt-Verstärker	3/16
12-Watt-Verstärker für Phono- und Lichtabtastung	1/40
Verstärker mit npn-Transistoren	3/20
Verstärker mit galvanischer Koppelung	6/68
Verzögerungsschaltung	2/70
Voltmeter für hohe Spannungen	2/14
Vorverstärker mit Höhen- und Tiefenregelung	3/14
50-Watt-Wandler (50 Hz)	3/50
Wandler 6/12 Volt, 15/20 Watt, 220 Volt	6/52
Wien-Brückengenerator 15 Hz bis 20 kHz	6/50
Zeitschalter	3/42
Zeitschalter 0—2 Min.	6/6
Zenerdiodenstabilisierung	6/10
ZF-Verstärker für 10,7 MHz und 470 kHz	2/42
Zweikreis-Fünf-Transistor-Empfänger	1/28
Zweistufiger Signalverfolger	4/16



Teil 1



Teil 2



Teil 3

Teil 4

Teil 5

Gläser/Heck

Transistoren -

neu angewandt

Teil 6

Richard Leger

37

Transistor-Schaltungen

Verlag Frech 7 Stuttgart-Botnang

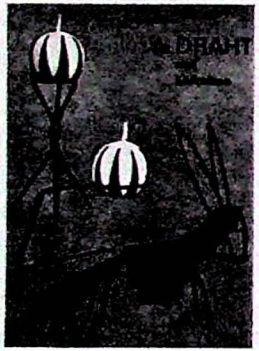
Transistor-Schaltungen

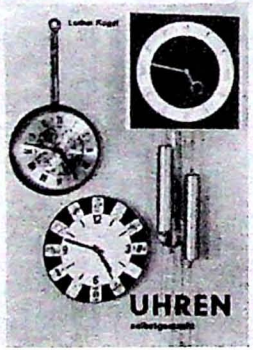
TOPP

Bücher
für den
Amateur-Elektroniker

Jeder Band DM 6.–
Die Reihe wird fortgesetzt
Verlangen Sie bitte Prospekte

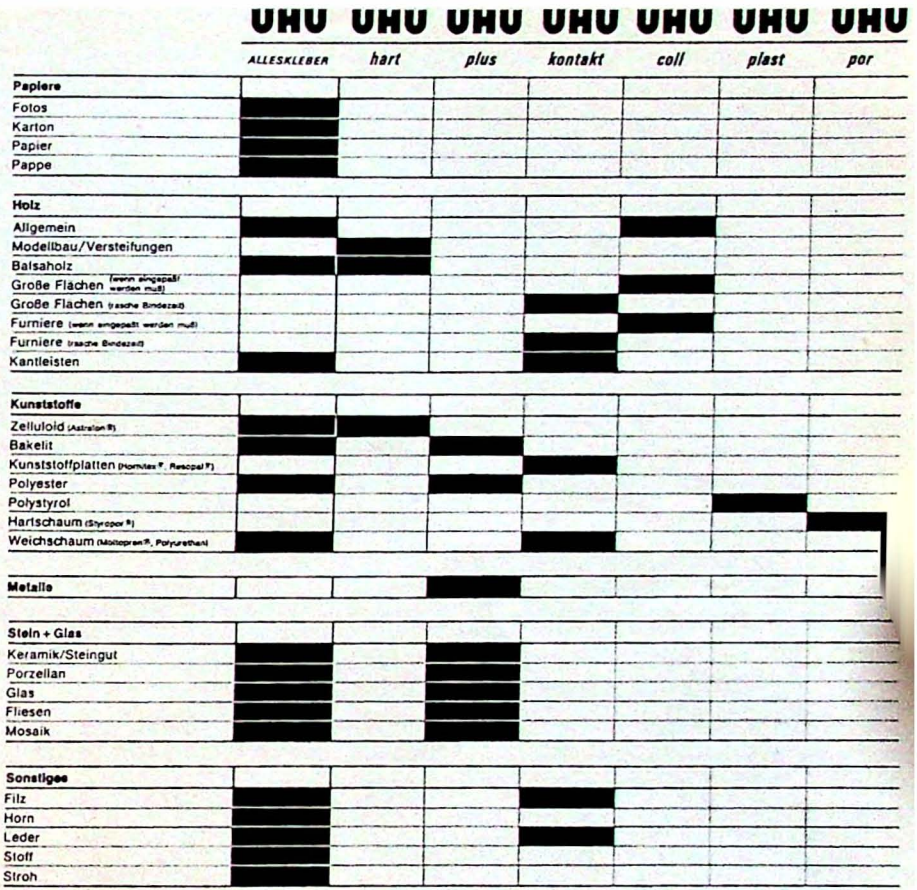
TOPP Bücher
für Freizeit und Werken
aus dem Verlag Frech
Stuttgart-Botnang





Erhältlich in Buchhandlungen
und Fachgeschäften.

Was klebe ich womit am besten?



Astralon® – Eingetragenes Warenzeichen der Dynamit Nobel Aktiengesellschaft in Troisdorf
Hornitex® – Eingetragenes Warenzeichen der Gebr. Kunnemeyer in Horn/Lippe
Moltopren® – Eingetragenes Warenzeichen der Farbenfabriken Bayer Aktiengesellschaft in Leverkusen
Resopal® – Eingetragenes Warenzeichen der H. Römmler GmbH. in Groß Umstadt
Styropor® – Eingetragenes Warenzeichen der BASF AG in Ludwigshafen

k 1216

Im Falle eines Falles klebt UHU wirklich alles

Diesen UHU-Fahrplan gibt es auch im Taschenformat.
Fordern Sie ihn bitte beim UHU-Werk an. UHU-Werk H.u.M. Fischer · 758 Bühl (Baden)

Die Transistortechnik hat nicht nur die gesamte Elektronik revolutioniert, sondern auch der Amateur-Elektronik – früher Radio-Basteln genannt – neuen Auftrieb gegeben. Transistorschaltungen brauchen nur wenig Strom und geringe Spannungen und lassen sich aus schwachen Batterien betreiben, sie sind klein und meist auf gedruckten Schaltungen aufgebaut, welche gleich die Verbindungen zwischen den Anschlüssen der einzelnen Teile herstellen. Der mühselige Chassisbau, das Werkeln mit Aluminiumblechen und Metallbohrern entfällt; der Amateur kann Schaltungen und Geräte aufbauen, die früher mit Röhren einen großen Aufwand verursacht hätten. Und er kann diese Schaltungen praktisch nutzen und sie ganz seinen speziellen Bedürfnissen anpassen.

In diesem Buch werden deshalb nicht nur einzelne Schaltungen, sondern auch ihre praktischen Anwendungen beschrieben. Damit man nicht sklavisch und „blind" nachbaut, zeigt es kurz die Grundschaltungen der Transistoren, so daß klar wird, wie die Schaltungen funktionieren, und wie sie im Bedarfsfall abgeändert werden können.